

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ФЛАНЕЦ»

Выпускная квалификационная работа

по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение
профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»
специализации «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 536

Екатеринбург 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и методики
профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ТМС
_____ Н.В. Бородина
« ____ » _____ 2019г.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ФЛАНЕЦ»**

Выпускная квалификационная работа
По направлению подготовки 44.03.04
Профессиональное обучение (по отраслям)
Профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»
профилизации «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 536

Исполнитель:

Студент группы ЗТО-406С

В.Р. Нуреев

Руководитель:

Доцент

Т.А. Козлова

Екатеринбург 2019

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа содержит 104 листа машинописного текста, 16 иллюстраций, 21 таблицу, 31 использованных источников, приложения на 20 листах, графическую часть на 5 листах.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР, ЗАГОТОВКА, ДЕТАЛЬ, ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ, ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ, РАСЧЁТ НОРМ ВРЕМЕНИ, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СЕБЕСТОИМОСТЬ.

В выпускной квалификационной работе рассмотрены предложения по разработке технологического процесса механической обработки детали «Фланец».

Рассчитаны элементы режимов резания для каждой операции и нормы времени на изготовление детали.

Разработана управляющая программа.

Технико-экономические расчеты проекта показывают технологическую себестоимость детали для предложенного варианта технологического процесса механической обработки.

Разработан учебный план для переобучения токарей в операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ в условиях Автономной некоммерческой организации дополнительного профессионального образования Уфимского учебного центра «Башнефтехим» Арланский филиал. Представлена разработка урока теоретического обучения.

					ДП 44.03.04.536.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата				
Разраб		Нуреев В.Р.			Разработка технологического процесса механической обработки детали «Фланец» Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Руков.		Козлова Т.А.					3	83
						ФГАОУ ВО РГПУ ИИПО		
Н. контр		Суриков В.П.						
Утв		Бородина Н.В.						

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	7
1.1. Анализ исходной информации	7
1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали	7
1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали	9
1.1.3. Определение типа производства	12
1.2. Разработка технологического процесса обработки детали.....	14
1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения.....	14
1.2.2. Выбор технологических баз и разработка схем базирования	17
1.2.3. Выбор методов обработки поверхностей	20
1.2.4. Составление технологического маршрута обработки детали «Фланец»	21
1.2.5. Выбор средств технологического оснащения	22
1.2.5.1. Выбор и описание оборудования	22
1.2.5.2. Выбор и описание металлорежущего инструмента и режимов резания.....	25
1.3. Технологические расчеты	30
1.3.1. Расчет припусков	30
1.3.2. Расчет режимов резания	35
1.3.3. Расчет технических норм времени	39
1.4. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали «Фланец».....	40
1.5. Проверочный расчет зажимного приспособления	46
2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	50
2.1. Расчет количества оборудования	50
2.2. Расчет технологической себестоимости	52
2.2.1. Расчет численности основных рабочих	52
2.2.2. Расчет заработной платы рабочих.....	53
2.2.3. Затраты на электроэнергию.....	55

2.2.4. Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования	55
2.2.5. Затраты на эксплуатацию инструмента	56
3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	59
3.1. Анализ профессионального стандарта «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»	59
3.2. Анализ учебного плана и программы переподготовки по профессии оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ	63
3.3. Разработка методики проведения занятия.....	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	81
ПРИЛОЖЕНИЕ А Перечень листов графических документов	84
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Комплект технологической документации.....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ В Управляющая программа.....	97

ВВЕДЕНИЕ

В Российской Федерации и за её пределами в достаточной мере уделяется внимание совершенствованию процесса изготовления детали. Важное значение придается созданию автоматизированных процессов на основе технического перевооружения или усовершенствованию действующих процессов при применении современного оборудования и средств управления.

Планируемые производственные процессы должны способствовать выпуску изделий высокого качества при оптимальных приведенных издержках.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления детали «Фланец» в условиях среднесерийного производства для повышения эффективности обработки.

Задачи:

- анализ исходных данных;
- проектирование технологического процесса на станке с ЧПУ;
- разработка содержания операции механической обработки;
- разработка управляющей программы;
- экономическое обоснование проекта;
- методическая разработка.

В разрабатываемом технологическом процессе предлагается применить современное оборудование с ЧПУ и прогрессивный режущий инструмент, это повысит производительность и качество обработки, а также снизит себестоимость производства детали.

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1. Анализ исходной информации

Исходной информацией, согласно заданию, являются рабочий чертёж детали «Фланец», рабочий чертёж заготовки. При разработке технологического процесса будут применяться справочники и нормативы машиностроения.

1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Рассматриваемая деталь "Фланец" входит в сборку компрессора.

Посадочные поверхности: $\varnothing 62^{+0,035}_{-0,016}$, $\varnothing 108H11$, $\varnothing 100H7$; крепежные поверхности: $\varnothing 67^{+0,039}_{+0,025}$, $\varnothing 130h9_{-0,1}$ который имеет шероховатость $\sqrt{Ra} 1,6$ для соблюдения герметичности трубопровода и более качественного и надежного крепления к изделию.

Деталь «Фланец» изготавливается из титанового деформируемого сплава – BT9 ТУ1-805-132-82. Химический состав сплава BT9 представлен в таблице 1. Уровень механических свойств представлен в таблице 2.

Сплав BT9 применяется для производства полуфабрикатов, (листов, лент, фольги, полос, плит, прутков, профилей, трубных заготовок труб, поковок и штампованных заготовок) методом деформации, а также слитков деталей, работающих при температуре $+500^{\circ}\text{C}$; деталей газотурбинных двигателей (дисков, лопаток) и других деталей компрессора.

Таблица 1 – Химический состав в % сплава BT9

Fe	C	Si	Mo	N	Ti	Al	Zr	O	H
до 0,25	до 0,1	0,2-0,35	2,8-3,0	до 0,05	86,785-90,4	5,8-7	0,8-2	до 0,15	до 0,015

Таблица 2 – Механические свойства при $T=20^{\circ}\text{C}$ сплава BT9

Сортамент	σ_B , МПа	δ_5 , %	Ψ , %	КСУ (кДж/м ²)
Штамповка	1100-1300	8-14	25-45	200-500

На рисунке 1 показана 3D-модель детали «Фланец».

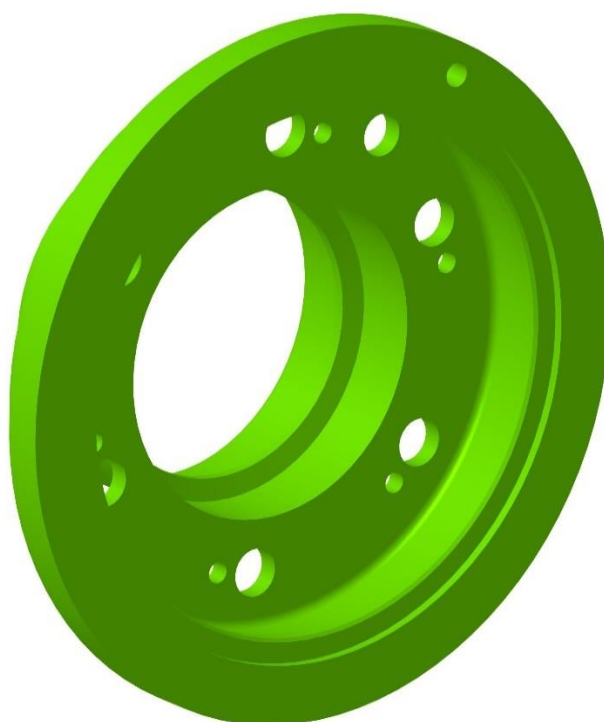


Рисунок 1 - 3D-модель детали «Фланец»

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Оценку технологичности конструкции детали разделяют на два вида: качественную и количественную.

Качественная оценка технологичности

Качественная оценка технологичности детали проводится на основе анализа следующих конструктивно-технологических признаков:

- конфигурации габаритов;
- материала детали;
- показателей качества, в т. ч. точности, шероховатости, физико-механических свойств поверхностного слоя материала и др.

Самыми точными поверхностями детали являются:

- наружная цилиндрическая поверхность $\varnothing 67^{+0,039}_{+0,025}$ с шероховатостью Ra 1,6;
- цилиндрическое отверстие $\varnothing 100H7^{+0,038}$ с шероховатостью Ra 1,6;
- цилиндрическое отверстие $\varnothing 62^{+0,035}_{-0,016}$ с шероховатостью Ra 1,6;
- отверстие $\varnothing 108H11^{+0,22}$ с шероховатостью Ra 1,6;
- наружная цилиндрическая поверхность $\varnothing 130h9$, с шероховатостью Ra 1,6.

Все остальные поверхности детали имеют свободные размеры, выполняемые по 14 качеству точности.

Фланец имеет габаритные размеры $\varnothing 130 \times 48$. Масса детали составляет 0,8 кг, что исключает применение специальных грузоподъемных механизмов.

По своей конструкции деталь «Фланец» представляет среднюю по сложности форму, что удобно для механической обработки детали.

При изучении чертежа были выявлены следующие атрибуты технологичности конструктивных форм детали:

- конструкция детали включает в себя стандартные и унифицированные конструктивные элементы;

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

- деталь производится из стандартной заготовки (пруток, поковка);
- конструкция детали позволяет режущему инструменту свободный подвод и вывод при механической обработке;
- точность и шероховатость базовой поверхности заготовки обеспечивают точность установки, обработки и контроля;
- заготовка получается рациональным методом с учётом установленного объёма выпуска и типа производства;
- конструкция детали позволяет применять типовые и стандартные технологические процессы её изготовления;
- деталь закрепляется в стандартных зажимах и приспособлениях (УНП и СНП).

Количественная оценка технологичности детали

Для расчета количественной оценки технологичности детали нужно рассчитать среднюю точность и среднюю шероховатость обработанных поверхностей и сравнить с базовыми показателями.

Данные по детали «Фланец» укажем в таблицы 3 и 4,

где T_i – квалитеты;

$Ш_i$ – значение параметра шероховатости;

n_i – количество размеров или поверхностей для каждого квалитета или шероховатости.

В соответствии с ГОСТ 18831 - 73 значения базовых коэффициентов следующие:

– коэффициент точности $K_{T_{баз}} = 0,8$;

– коэффициент шероховатости $K_{Ш_{баз}} = 0,18$.

Определим коэффициент точности по занесем результаты в таблицу 3.

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Таблица 3 – Определение коэффициента точности

T_i	n_i	$T_i \times n_i$	T_i	n_i	$T_i \times n_i$
6	1	6	10	1	10
7	1	7	11	4	44
8	1	8	12	1	12
9	2	18	14	16	224

$$\sum n_i = 27; \sum T_i \times n_i = 339.$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \times n_i}{\sum n_i} = \frac{339}{27} = 12,5, \quad (1)$$

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{12,5} = 0,92, \quad (2)$$

т. к. $K_{TЧ} = 0,92 > K_{TЧ_{баз}} = 0,8$, то деталь по данному показателю технологична.

Определение коэффициента шероховатости по [1, с. 229], а результаты занесём в таблицу 4.

Таблица 4 – Определение коэффициента шероховатости

Ш_i	n_i	$\text{Ш}_i \times n_i$
1,6	8	12,8
6,3	19	119,7

$$\sum n_i = 27; \sum \text{Ш}_i \times n_i = 132,5.$$

$$\text{Ш}_{cp} = \frac{\sum \text{Ш}_i \times n_i}{\sum n_i} = \frac{132,5}{27} = 4,9, \quad (3)$$

$$K_{\text{Ш}} = 1 - \frac{1}{\text{Ш}_{cp}} = 1 - \frac{1}{4,9} = 0,8, \quad (4)$$

т. к. $K_{\text{Ш}} = 0,8 > K_{\text{Ш}_{баз}} = 0,18$, то деталь по данному показателю технологична.

Коэффициент использования материала определяется по формуле:

$$K_{им} = M_d / M_3, \quad (5)$$

где M_d – масса детали по чертежу, кг;

M_3 – масса материала, расходуемого на изготовление детали, кг.

$$K_{им} = 0,8 / 1,2 = 0,67.$$

Отсюда следует, что деталь технологична. Выбранный способ получения заготовки в виде поковки на кривошипном-горячештамповочном прессе (КГШП) является оптимальным, т.к. высокий коэффициент использования материала.

Формулировка основных технологических задач

На базе чертежа детали и технических требований можно сформулировать основные технологические задачи [8, стр.37]:

1. Обеспечить точность выполнения отверстий $\varnothing 62$ мм по девятому качеству, $\varnothing 100$ мм по седьмому качеству, $\varnothing 108$ мм по одиннадцатому качеству; поверхности $\varnothing 67$ мм по 6-му качеству, $\varnothing 130$ мм по 9-му качеству; канавку $\varnothing 62,5$ мм по 8 качеству, размер 8 мм по десятому качеству; размеры 1,85 мм, 16 мм и 28 мм по одиннадцатому качеству; размер 48 мм по 12-му качеству; точность остальных поверхностей и размеров по 14-му качеству;

2. Обеспечить шероховатость поверхности $\varnothing 130$ мм, $\varnothing 67$ мм, $\varnothing 112$ мм, отверстий $\varnothing 108$ мм, $\varnothing 62$ мм по $Ra1,6$ мкм; остальных поверхностей по $Ra6,3$ мкм;

3. Обеспечить допуск радиального биения поверхности $\varnothing 67$ мм и отверстия $\varnothing 100$ мм относительно оси отверстия $\varnothing 62$ мм не более 0,01 мм; допуск радиального биения поверхностей $\varnothing 130$ мм и $\varnothing 112$ мм относительно оси отверстия $\varnothing 67$ мм не более 0,01 мм; допуск торцевого биения торцев 28 мм и 16 мм относительно оси $\varnothing 67$ мм не более 0,01 мм; допуск соосности диаметров $\varnothing 67$ мм и $\varnothing 62$ мм не более 0,01 мм; позиционный допуск 12 отверстий $\varnothing 0,15$ мм (допуск зависимый).

1.1.3. Определение типа производства

Типы производства характеризуются следующими значениями коэффициентов закрепления операций (K_{30}) [8, с. 33]:

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Тип производства	K ₃₀
Массовое	1
Серийное:	
Крупносерийное	св. 1 до 10
Среднесерийное	св. 10 до 20
Мелкосерийное	св. 20 до 40
Единичное	св. 40

В таблице 5 представлена зависимость типа производства от массы детали и объема выпуска.

Таблица 5 – Зависимость типа производства от объема выпуска (шт.) и массы детали

Масса детали, кг	Тип производства				
	единичное	мелкосерийное	среднесерийное	крупносерийное	массовое
<1,0	<10	10-2000	1500-10000	75000-200000	200000
1,0-2,5	<10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	<10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	<10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
>10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

Масса детали $m_{\text{дет}} = 0,8$ кг, годовая программа выпуска $N=17000$ шт, следовательно принимаем тип производства – среднесерийное.

Определим количества деталей в партии [1, стр. 22]:

$$n = \frac{N \times a}{F}, \text{ шт}, \quad (6)$$

где N – годовая программа выпуска деталей, шт;

a – количество дней, на которое необходимо иметь запас деталей;

F – количество рабочих дней в году.

$$n = \frac{17000 \times 10}{247} = 688 \text{ (шт)}.$$

Для серийного производства типично производство деталей большими партиями с определенным тактом выпуска.

1.2. Разработка технологического процесса обработки детали

1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения

Основные характеристики детали «Фланец»:

- масса детали 0,8 кг;
- габариты детали: $\varnothing 130 \times 48$ мм;
- материал – ВТ9 ТУ1-805-132-82;
- годовое число деталей $N = 17000$ шт.

Перед тем как перейти к производству детали, материал, из которого она должна быть сделана, превращают в заготовки. Заготовки стремятся получить такими, чтобы их форма и размеры максимально приближались к формам и размерам готовой детали. Это даёт возможность уменьшить расход материалов и электроэнергии, повысить производительность труда.

В зависимости от характера материала, назначения детали, требуемой точности ее изготовления и т. д. заготовки получают литьем, ковкой, штамповкой, высадкой, прокаткой, волочением и другими способами [17].

Обобщенная классификация заготовок, применяемых в машиностроении, показана на рисунке 2.

Заготовку выбираем в виде поковки на кривошипном-горячештамповочном прессе (КГШП).



Рисунок 2 – Обобщенная классификация заготовок, применяемых в машиностроении

Кривошипные горячештамповочные прессы предназначены для выполнения различных технологических процессов горячей штамповки из сортового металла: открытой и закрытой штамповки, горячего прессования и т.д., в условиях крупносерийного и массового производства.

К достоинствам этих прессов относится быстроходность, высокая жесткость конструкции, сравнительно небольшие размеры штампового пространства. Большое число ходов прессы обусловлено необходимостью уменьшения продолжительности контакта штампа с заготовкой при обработке горячего металла [18].

Главными особенностями КГШП являются:

- жесткая конструкция главных узлов и прессы в целом;

- усиленные направляющие ползуна;
- увеличенное число ходов ползуна;

Исходный индекс для последующего определения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений определяется в зависимости от массы, марки стали, степени сложности и класса точности поковки по ГОСТ 7505-89.

Расчетная масса поковки определяется по формуле [8, стр. 50]:

$$M_{\text{п.р.}} = M_{\text{д}} \times K_{\text{р}}, \text{ кг}, \quad (7)$$

где $M_{\text{д}}$ – масса детали, кг;

$K_{\text{р}}$ – расчетный коэффициент [8, стр. 50, табл. 3.7].

Тогда:

$$M_{\text{п.р.}} = 0,8 \times 1,5 = 1,2 \text{ (кг)}.$$

Класс точности определяется по [8, стр.51] – Т4.

Группа поковки определяется по [8, стр. 47] – М2.

Степень сложности вычисляют как отношение массы $G_{\text{п}}$ поковки к массе геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки.

При определении размеров описывающей поковку геометрической фигуры допускается исходить из увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение её обработанных поверхностей.

Рассчитаем массу описывающей фигуры:

$$G_{\text{п}} = 1,05 \times \rho \times V_{\text{п}} \times 10^{-6}, \text{ кг}, \quad (8)$$

где ρ – плотность стали, кг/м³;

$V_{\text{п}}$ – объём цилиндра, мм³;

$$V_{\text{п}} = \frac{\pi}{4} (D_{\text{ф}}^2 \times L_{\text{ф}}), \text{ мм}^3, \quad (9)$$

где $D_{\text{ф}}$ – диаметральный размер описываемого цилиндра, мм;

$L_{\text{ф}}$ – линейный размер описываемого цилиндра, мм;

$$V_{\text{п}} = \frac{3,14}{4} (130^2 \times 48) = 636792 \text{ (мм}^3\text{)}.$$

$$G_{\pi} = 1,05 \times 4,5 \times 636792 \times 10^{-6} = 3,01 \text{ (кг)}.$$

Следовательно:

$$G_{\phi}/G_{\pi} = 1,2/3,01 = 0,4.$$

Принимаем степень сложности поковки исходя из полученных данных С2 [8, стр. 50].

Исходный индекс будет равным 11 [8, стр. 52, табл. 3.7]

1.2.2. Выбор технологических баз и разработка схем базирования

Выбор технологических баз является одной из наиболее сложных и важных вопросов при разработке технологического процесса. От правильного выбора технологических баз зависят: точность выполнения размеров, правильность взаимного расположения обрабатываемых поверхностей, точности обработки.

Исходные данные для выбора технологических баз: чертеж заготовки со всеми техническими требованиями, вид и точность заготовки, условия расположения и работы в сборке.

Выделяют основные и вспомогательные базы, черновые и чистовые.

Основной технологической базой является ось отверстия $\varnothing 62^{+0,035}_{-0,016}$ мм.

Вспомогательной технологической базой является наружная цилиндрическая поверхность $\varnothing 67^{+0,039}_{+0,025}$ мм.

Черновые базы являются поверхности, которых используют на первых операциях.

Торец А является черновой базой (лишает деталь 3-х степеней свободы – 1го перемещения и 2ух вращений) и поверхность Б (лишает деталь 2ух степеней свободы – 1го вращения и 1го перемещения). Из этого следует, что базирование не полное. Схема чернового базирования показана на рисунке 3.

Обработанная поверхность, на которую устанавливается деталь при чистовой обработке называется чистовой базой. Торец В будет служить чистовой

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

базой (лишает деталь 3-х степеней свободы – 1го перемещения и 2ух вращений) и поверхность Г (лишает деталь 2ух степеней свободы – 1го перемещения и 1го вращения).

Из этого следует, что базирование не полное. Схема чистового базирования представлена на рисунке 4.

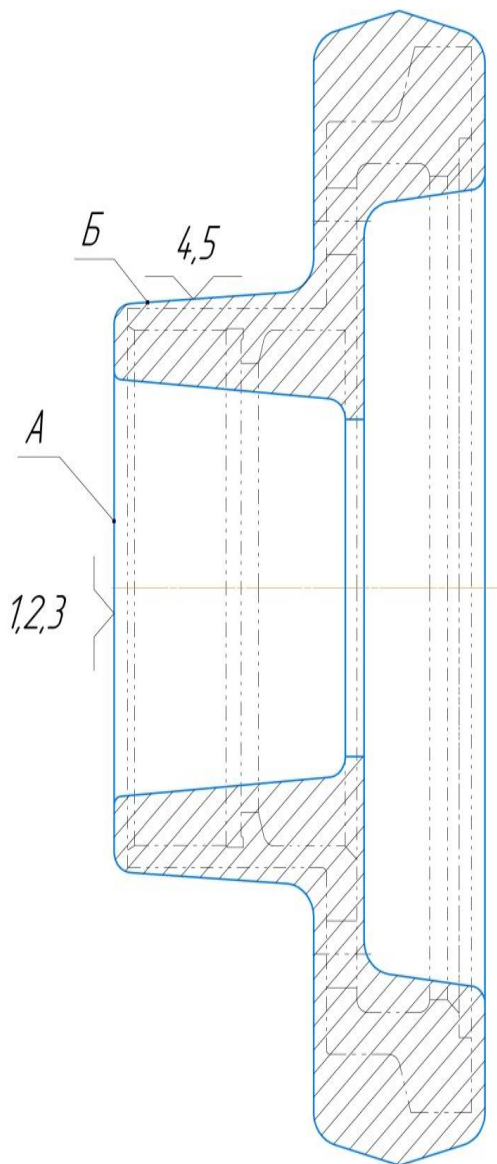


Рисунок 3 – Операция 005 черновое базирование детали (установ А)

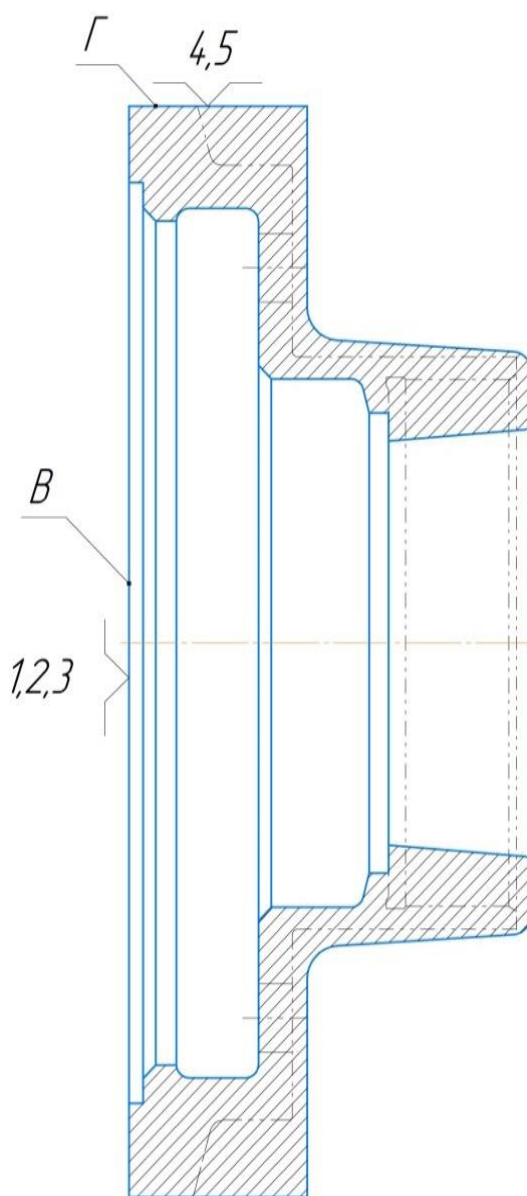


Рисунок 4 – Операция 005 чистовое базирование (установ Б)

Выбранные базы соответствуют основным принципам, которыми руководствуются при выборе технологических баз:

- принцип совмещения баз;
- принцип постоянства баз соблюдается полностью;
- требование хорошей устойчивости и надежности установки заготовки;

1.2.3. Выбор методов обработки поверхностей

На рисунке 5 обозначим поверхности, которые нужно обработать.

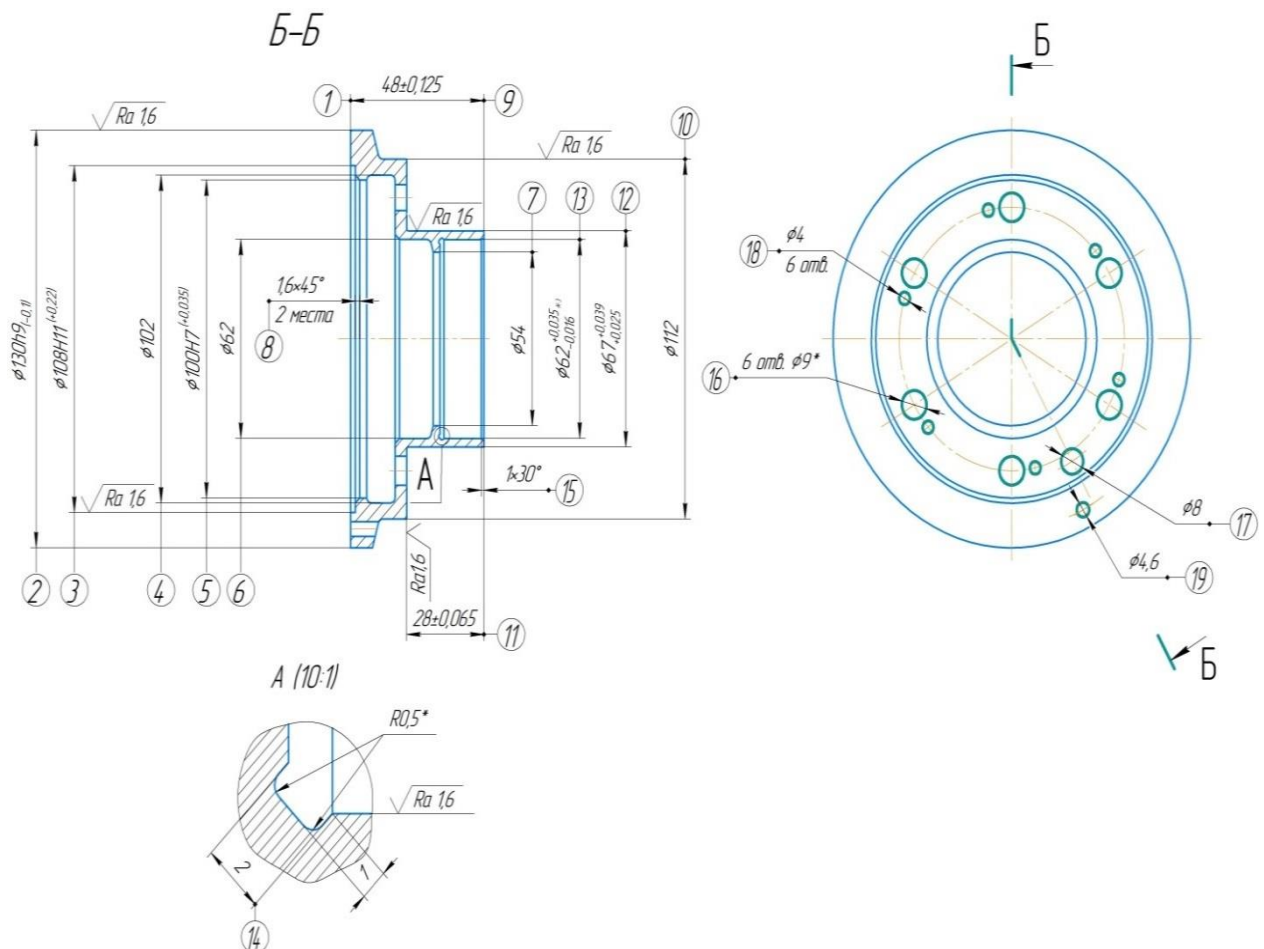


Рисунок 5 – Эскиз детали «Фланец»

При выборе методов обработки следует руководствоваться таблицами экономической точности [1, с. 150 табл. 3]:

- торец 1 – точение однократное;
- поверхность 2 – точение черновое, получистовое, чистовое;
- отверстие 3 – растачивание черновое, получистовое, чистовое;
- отверстие 4, 6, 7 – растачивание однократное;
- отверстие 5 – растачивание черновое, чистовое, тонкое;
- поверхности 8 – точение однократное;
- торец 9 – точение черновое, чистовое;

- поверхность 10 – точение черновое, чистовое;
- торец 11 – точение черновое, чистовое;
- поверхность 12 – точение черновое, чистовое, тонкое;
- отверстие 13 – растачивание черновое, получистовое, чистовое;
- канавка 14 – точение однократное;
- поверхность 15 – точение однократное;
- отверстия 16, 17, 18, 19 – сверление;

1.2.4. Составление технологического маршрута обработки детали «Фланец»

Технологический маршрут обработки детали «Фланец» представлен в таблице 6. Поверхности обрабатываемые обозначены на рисунке 5.

Таблица 6 – Технологический маршрут механической обработки детали «Фланец»

№ оп.	Наименование операции	Оборудование
005	<p>Комплексная на обрабатывающем центре с ЧПУ Установ А</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Точить торец 1 однократно. 2. Точить пов. 2 предварительно и окончательно. 3. Расточить отверстие 3 предварительно и окончательно. 4. Расточить отверстия 4, 6, 7 – однократно. 5. Расточить отверстие 5 предварительно и окончательно. 6. Точить фаски 8 однократно. 	<p>Обрабатывающий центр с ЧПУ модели DOOSAN PUMA GT 2600LM</p>
	<p>Установ Б</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Точить торец 9 окончательно. 2. Точить пов. 10 предварительно, окончательно. 3. Точить торец 11 предварительно и окончательно. 4. Точить пов. 12 предварительно и окончательно. 5. Расточить отверстие 13 предварительно и окончательно. 6. Точить канавку 14, фаску 15 однократно. 7. Сверлить отверстия 16, 17, 18, 19. 	

Заключительными операциями будут: контрольная, слесарная, маркировка.

1.2.5. Выбор средств технологического оснащения

К средствам технологического оснащения относят: технологическое оборудование (в том числе контрольное и испытательное); технологическая оснастка (в том числе инструменты и средства контроля); средства механизации и автоматизации технологических процессов.

Далее выберем оборудование и инструменты для механической обработки детали «Фланец».

1.2.5.1. Выбор и описание оборудования

Одной из главных задач при разработке технологического процесса механической обработки детали является выбор станочного оборудования.

В условиях среднесерийного производства следует принимать модель станка, которая позволит сократить трудовые, а так же и материальные затраты.

Станки с ЧПУ выполняют обработку при помощи управляющей программы, обладают гораздо более широкими возможностями по сравнению с универсальными станками: позволяет получать более точные и качественные детали и обладают высокой производительностью. В настоящее время универсальные станки все больше уступают место станкам с ЧПУ, поскольку даже самый недорогой станок с ЧПУ превосходит аналогичный универсальный станок по всем показателям, при относительно невысокой стоимости.

Факторы, влияющие на выбор станочного оборудования:

- тип производства;
- станок должен обрабатывать деталь на оптимальных режимах резания;
- соответствие станка размерам детали;

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

- мощность станка;
- удобство управления и обслуживания станка;

Для изготовления детали «Фланец» выбираем следующее оборудование: Обрабатывающий центр с ЧПУ модели DOOSAN PUMA GT 2600LM, включающий УЧПУ Fanuc i Series (производство Южная Корея). Станок показан на рисунке 6, его компоновка на рисунке 7.

Серия Puma GT series включает в себя высококачественные токарные центры, которые изготовлены по новым стандартам. Агрегат оснащен прочным патроном. Современная револьверная головка способствует точной обработке различных деталей. Эргономичный дизайн и легкость в управлении делают аппараты незаменимыми в производстве.

Экологичность: снижение энергопотребления на 19% достигается за счет более эффективного гидроагрегата, светодиодного освещения и автоматического отключения электрических компонентов, если они не используются в течение некоторого времени [23].



Рисунок 6 – ОЦ с ЧПУ модели DOOSAN PUMA GT 2600LM



Рисунок 7 – Компоновка. ОЦ с ЧПУ модели DOOSAN PUMA GT 2600LM

Технические характеристики:

Максимальный диаметр обработки (мм)	376
Максимальная длина обработки (мм)	1280
Диаметр обрабатываемого прутка (мм)	76
Максимальный диаметр над суппортом (мм)	630
Число инструментальных позиций (шт)	12
Диаметр расточной оправки (мм)	25 × 25
Мощность главного шпинделя (кВт)	22
Скорость главного шпинделя (об/мин)	3500
Скорость приводного инструмента (об/мин)	5000
Мощность приводного инструмента (кВт)	5,5
Точность (мкм)	0,5
Перемещения	
По оси X (мм)	265
По оси Z (мм)	1100

Стандартная комплектация:

- Патрон 10 дюймов;
- «Сырые» кулачки для гидравлического патрона;
- Датчик подтверждения зажима детали в патроне;
- Задняя бабка: вращающийся центр;
- Задняя бабка: ручная;
- Насос подачи СОЖ на револьверную головку;
- Блокировка передней двери защитного ограждения;
- Полная защита от разбрызгивания СОЖ и разлёта стружки;
- Выравнивающие винты и плиты;
- Конвейер стружки (боковой)
- Бак для стружки;
- Обдув кулачков патрона воздухом;
- Предупреждающие таблички по технике безопасности;
- Педаль управления патроном;
- Комплект ручного инструмента (включая мелкий инструмент для обслуживания);
- Освещение рабочей зоны;
- Стандартный комплект держателей инструмента;
- Устройство централизованной смазки;
- Руководство по работе и обслуживанию станка;

1.2.5.2. Выбор и описание металлорежущего инструмента и режимов резания

Были выбраны режущие инструменты фирмы «Sandvik» и «ISCAR». По каталогам данных фирм выберем сам инструмент, пластину и рекомендуемые режимы резания.

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ

Установ А

Переход 1. Точить торец 1 окончательно, поверхность 2 предварительно (рисунок 5).

Державка DCLNR 2525M 19

где обозначено: D – система крепления (прижим повышенной жесткости (RC)), C – форма пластины (ромб 80°), L – угол в плане (95°), N – задний угол сменной пластины (0°), R – исполнение (правое), 25 – высота державки ($h=25$ мм), 25 – ширина державки ($b=25$ мм), M – длина и ширина державки ($l_1 = 4''$), 19 – размер пластины. [20, стр. Н10].

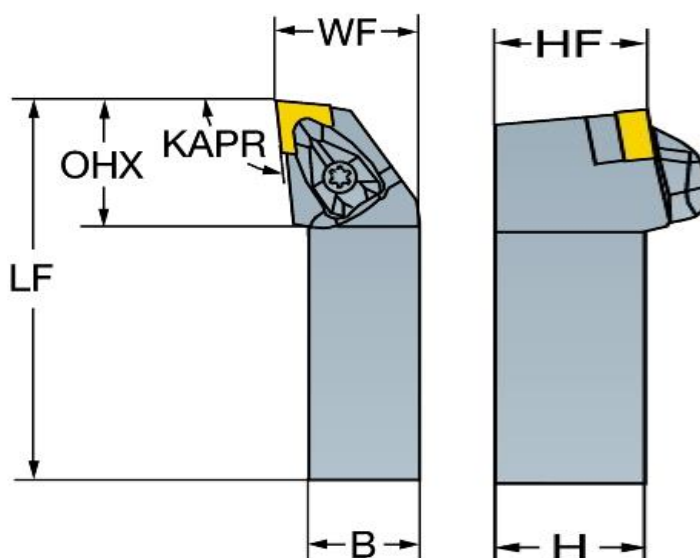


Рисунок 8 – Призматическая державка T-Max R для точения

Размеры державки, показанного на рисунке 8: функциональная длина (LF) 150 мм; макс. вылет (ONX) 43,7 мм; главный угол в плане (KAPR) 95°; функциональная ширина (WF) 32 мм; функциональная высота (HF) 25 мм; ширина хвостовика (B) 25 мм; высота хвостовика (H) 25 мм [20, стр. А187].

Пластина CNMG 190616-SM 1105

где обозначено: C – форма пластины (ромб 80°), N – задний угол (равен 0°), M – класс точности ($\pm 0,13$ мм), G – тип пластины, 19 – размер пластины,

06 – толщина пластины (6,35 мм), 16 – радиус при вершине (1,6 мм), SM – внутреннее обозначение, 1105 – материал пластины. [20, с. Н6].

Рекомендуемые режимы резания: $a_p = 6$ (1–9) мм, $f = 0,3$ (0,25 – 0,4) мм, $V_c = 50$ (60 – 37) м/мин. [20, стр. А268].

Переход 2. Точить поверхность 2 окончательно.

Державка DCLNR 2020K 12

Пластина CNMG 12 04 04-SM 1105

Рекомендуемые режимы резания: $a_p = 1,5$ (0,15 ... 2,5) мм, $f_n = 0,2$ (0,1 ... 0,3) мм/об, $V_c = 70$ (80 ... 50) м/мин. [20, стр. А268].

Переход 3. Точить отверстие 3, 4, 5, 6, 7, фаски 8 предварительно и окончательно.

Державка A32T-SVUBR 16 [20, стр. А102].

где обозначено: A – тип оправки (стальная оправка с внутренним подводом СОЖ), 32 – диаметр оправки (32 мм), T – длина инструмента (LF=300 мм), S – система крепления (закрепление пластин винтом), V – форма пластины, U – тип державки, главный угол в плане (93°), B – задний угол в плане режущей кромки (5°), R – исполнение инструмента (правое), 16 – длина режущей кромки [20, стр. Н12].

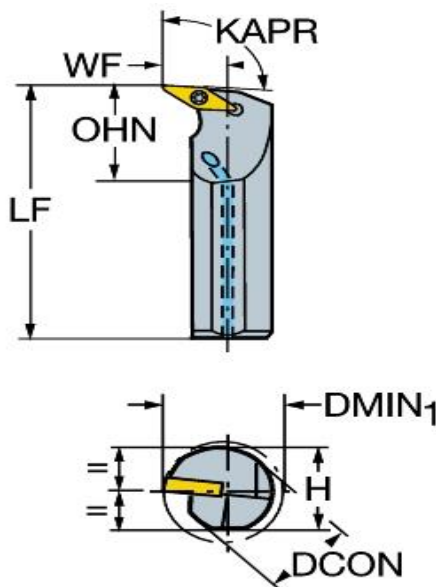


Рисунок 9 – Расточная оправка CoroTurn 107 для точения

Размеры державки, показанного на рисунке 9: функциональная длина (LF) 300 мм, Min вылет (OHN) 48 мм, функциональная ширина (WF) 22 мм, главный угол в плане (KAPR) 93° , Min диаметр отверстия (DMIN₁) 40 мм, высота хвостовика (H) 30 мм, диаметр соединения (DCON) 32 мм.

Пластина VBMТ 16 04 08-MR 1105

Рекомендуемые режимы резания: $a_p = 1,6 (0,8 \dots 2,8)$ мм, $f_n = 0,18 (0,12 \dots 0,25)$ мм/об, $V_c = 75 (80 \dots 60)$ м/мин. [20, стр. A276].

Установ Б

Переход 1. Точить торец 9 окончательно, поверхности 10, 12, торец 11, предварительно (рисунок 5).

Державка DCLNR 2525M 19;

Пластина CNMG 190616-SM 1105;

Рекомендуемые режимы резания: $a_p = 6 (1-9)$ мм, $f = 0,3 (0,25 - 0,4)$ мм, $V_c = 50 (60 - 37)$ м/мин. [20, стр. A268].

Переход 2. Точить поверхности 10, 12, торец 11 окончательно.

Державка DCLNR 2020K 12

Пластина CNMG 12 04 04-SM 1105

Рекомендуемые режимы резания: $a_p = 1,5 (0,15 \dots 2,5)$ мм, $f_n = 0,2 (0,1 \dots 0,3)$ мм/об, $V_c = 70 (80 \dots 50)$ м/мин. [20, стр. A268].

Переход 3. Расточить отверстие 13 предварительно и окончательно, фаску 15 однократно.

Державка A32T-SVUBR 16 6 [20, стр. A102]

Пластина VBMТ 16 04 08-MR 1105

Рекомендуемые режимы резания: $a_p = 1,6 (0,8 \dots 2,8)$ мм, $f_n = 0,18 (0,12 \dots 0,25)$ мм/об, $V_c = 75 (80 \dots 60)$ м/мин. [20, стр. A276].

Переход 4. Точить канавку 14.

Державка GENIUR 16U [22, с. 83] показана на рисунке 10.

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		28

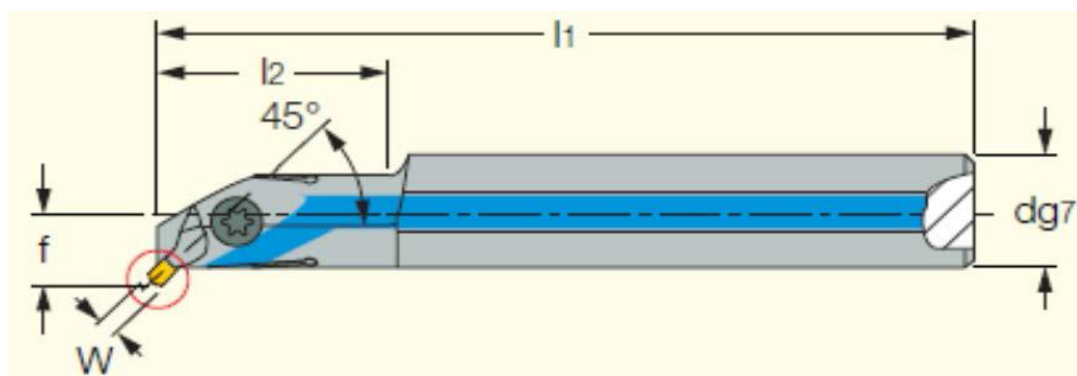


Рисунок 10 – Державка канавочная

Размеры державки: $W_{max} = 2$ мм, $l_1 = 125$ мм, $l_2 = 32$ мм, $f = 9,7$ мм, $h = 7,5$ мм, $D_{min} = 16$ мм, $d = 16g7$, $A = 2$ мм [22, с. 83] (рисунок 10).

Пластина GEP1 2.0 - 1.0 IC07 [22, с. 87].

Рекомендуемые режимы резания $f = 0,04 \dots 0,07$ мм/об [22, с. 87],
 $V_c = 100 \dots 150$ м/мин [22, с. 144].

Переход 5. Сверлить шесть отверстий 16.

Сверло R846-0900-30-A1A 1220 [21, стр. B45]

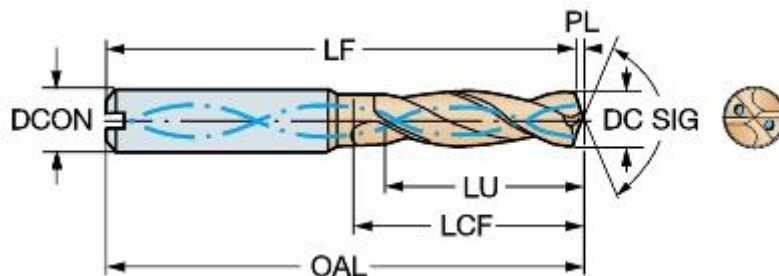


Рисунок 11 – Сверло твердосплавное

Размеры сверла, показанного на рисунке 11: общая длина (OAL) 103 мм, длина стружечной канавки (LCF) 61 мм, рабочая длина (LU) 46,5 мм, функциональная длина (LF) 101,5 мм, диаметр соединения (DCON) 10 мм, высота режущей части (PL) 1,5 мм, диаметр резания (DC) 9 мм, угол при вершине (SIG) 140° .

Рекомендуемые режимы резания: $V_c = 20 - 60$ м/мин, $f = 0,08 - 0,20$ мм/об. [21, B108].

$f = 0,124 \text{ мм}, V_c = 19,4 \text{ м/мин}, V_F = 84,9 \text{ мм/мин.}$

Переход 6. Сверлить 6-ть отверстий 18.

Сверло R840-0400-50-A0A 1220 [21, стр. В48]

Рекомендуемые режимы резания: $V_c = 20 - 60 \text{ м/мин}, f = 0,06 - 0,12 \text{ мм/об.}$ [14, В108].

$f = 0,08 \text{ мм}, V_c = 20,5 \text{ м/мин}, V_F = 128 \text{ мм/мин.}$

Переход 7. Сверлить отверстие 17.

Сверло R846-0800-50-A1A 1220 [21, стр. В45].

Рекомендуемые режимы резания: $V_c = 20 - 60 \text{ м/мин}, f = 0,08 - 0,20 \text{ мм/об.}$ [21, В108].

$f = 0,125 \text{ мм}, V_c = 20,2 \text{ м/мин}, V_F = 100 \text{ мм/мин.}$

Переход 8. Сверлить отверстие 119.

Сверло R840-0460-50-A0A 1220 [21, стр. В48].

Рекомендуемые режимы резания: $V_c = 20 - 60 \text{ м/мин}, f = 0,06 - 0,12 \text{ мм/об.}$ [14, В108].

$f = 0,08 \text{ мм}, V_c = 20,5 \text{ м/мин}, V_F = 114 \text{ мм/мин.}$

1.3. Технологические расчеты

1.3.1. Расчет припусков

Расчет будет производиться аналитическим и табличным методом.

Расчет припусков аналитическим методом.

Заготовка – штамповка на КГШП.

Материал – сплав ВТ9.

Масса заготовки $M_3 = 1,2 \text{ кг.}$

Точность штамповки Т4.

Определим припуски на размер поверхности $\varnothing 67^{+0,039}_{+0,025} \text{ мм.}$

Результаты расчетов сведем в таблицу 7.

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Таблица 7 – Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку

Технологические переходы обработки поверхности $\varnothing 67^{+0,039}_{+0,025}$	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{min}$, мкм	Расчетный размер B_p , мм	Допуск T , мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мм	
	R_z	h	Δ_Σ	ε				D_{min}	D_{max}	$2Z_{min}^{пр}$	$2Z_{max}^{пр}$
Заготовка	250	250	2850		2305	68,92	$^{+1,4}_{-0,8}$	68,9	71,1	1,875	4,061
Точение предварительное	40	50	171	30	1007	67,913	0,3	67,9	68,2	1,0	2,9
Точение окончательное	20	20	143	0	522	67,391	0,074	67,4	67,474	0,5	0,726
Точение тонкое	5	10	114	0	366	67,025	0,014	$67,0_{25}$	67,039	0,375	0,435

Технологический маршрут обработки поверхности $\varnothing 67^{+0,039}_{+0,025}$ состоит из предварительного, окончательного и тонкого точения, выполняемых с одной установки.

Суммарное значение пространственных отклонений определяется по формуле:

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{\Delta_K^2 + \Delta_{см}^2}, \text{ мкм}, \quad (10)$$

где Δ_K – кривизна заготовки, мкм;

$\Delta_{см}$ - отклонение от оси отверстия, мкм.

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{2700^2 + 900^2} = 2850 \text{ (мкм)};$$

$$\Delta_{\Sigma \text{ черн.точ.}} = \Delta_{\Sigma \text{ заг}} \times K_y, \text{ мкм}, \quad (11)$$

где K_y – коэффициент уточнения; $K_y = 0,06$.

$$\Delta_{\Sigma \text{ черн.точ.}} = 2850 \times 0,06 = 171 \text{ (мкм)};$$

$$\Delta_{\Sigma \text{ оконч.точ.}} = \Delta_{\Sigma \text{ заг}} \times K_y, \text{ мкм}, \quad (12)$$

где K_y – коэффициент уточнения; $K_y = 0,05$.

$$\Delta_{\Sigma \text{ оконч.точ.}} = 2850 \times 0,05 = 143 \text{ (мкм)};$$

$$\Delta_{\Sigma\text{тонк.точ}} = \Delta_{\Sigma\text{заг}} \times K_y, \text{ мкм}, \quad (13)$$

где K_y – коэффициент уточнения; $K_y = 0,04$.

$$\Delta_{\Sigma\text{тонк.точ}} = 2850 \times 0,04 = 114 \text{ (мкм)};$$

Погрешность установки при черновой обработке равна: $\varepsilon = 30$ мкм.

Так как остальная обработка поверхности производится в одной установке, $\varepsilon_{\text{инд}} = 0$.

Расчет минимальных значений межоперационных припусков произведем по формуле [8, стр.86]:

$$2Z_{imin} = 2 \left(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right), \text{ мкм}, \quad (14)$$

где R_z – шероховатости поверхности, мкм;

h – высота микронеровностей, мкм;

Δ_{Σ} – суммарное значение пространственных отклонений;

ε – погрешность установки, мкм.

$$2Z_{imin\text{черн.точ}} = 2 \left(200 + 250 + \sqrt{2850^2 + 30^2} \right) = 1007 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{imin\text{оконч.точ}} = 2 \left(40 + 50 + \sqrt{171^2} \right) = 522 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{imin\text{тонк.точ}} = 2 \left(20 + 20 + \sqrt{143^2} \right) = 366 \text{ (мкм)}.$$

Расчет минимальных размеров:

$$D_{i-lmin} = D_{imin} + 2Z_{imin}, \text{ мм}; \quad (15)$$

$$D_{min\text{тонк.точ}} = 67,025 \text{ (мм)};$$

$$D_{min\text{оконч.точ.}} = 67,025 + 0,366 = 67,391 \text{ (мм)};$$

$$D_{min\text{черн.точ.}} = 67,391 + 0,522 = 67,913 \text{ (мм)};$$

$$D_{min\text{заг.}} = 67,913 + 1,007 = 68,92 \text{ (мм)}.$$

Минимальные предельные размеры, получают округлением расчетных размеров.

$$D_{min\text{заг.}} = 68,9 \text{ мм};$$

$$D_{min\text{черн.точ.}} = 67,9 \text{ мм};$$

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

$$D_{\text{minоконч.точ.}} = 67,4 \text{ мм};$$

$$D_{\text{минтонк.точ.}} = 67,025 \text{ мм}.$$

Расчет максимальных размеров:

$$D_{\text{max}} = D_{\text{min}} + T, \text{ мм}, \quad (16)$$

где D_{min} – минимальная величина размера, мм;

T – допуск на размер, мм.

$$D_{\text{max тонк.точ.}} = 67,025 + 0,014 = 67,039 \text{ (мм)};$$

$$D_{\text{max оконч.точ.}} = 67,4 + 0,074 = 67,474 \text{ (мм)};$$

$$D_{\text{max черн.точ.}} = 67,9 + 0,3 = 68,2 \text{ (мм)};$$

$$D_{\text{max заг.}} = 68,9 + 2,2 = 71,1 \text{ (мм)}.$$

Определение предельных припусков:

$$2Z_{\text{min } i} = D_{\text{min } i} - D_{\text{min } i-1}, \text{ мм}; \quad (17)$$

$$2Z_{\text{min тонк.точ.}}^{\text{пр}} = 67,4 - 67,025 = 0,375 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\text{min оконч.точ.}}^{\text{пр}} = 67,9 - 67,4 = 0,5 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\text{min черн.точ.}}^{\text{пр}} = 68,9 - 67,9 = 1 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\text{min заг.}}^{\text{пр}} = 0,375 + 0,5 + 1 = 1,875 \text{ (мм)}.$$

$$2Z_{\text{max } i} = D_{\text{max } i} - D_{\text{max } i-1}, \text{ мм}; \quad (18)$$

$$2Z_{\text{max тонк.точ.}}^{\text{пр}} = 67,474 - 67,039 = 0,435 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\text{max оконч.точ.}}^{\text{пр}} = 68,2 - 67,474 = 0,726 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\text{max черн.точ.}}^{\text{пр}} = 71,1 - 68,2 = 2,9 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\text{max заг.}}^{\text{пр}} = 0,435 + 0,726 + 2,9 = 4,061 \text{ (мм)}.$$

Определим общие припуски суммируя промежуточные припуски на обработку:

$$Z_{\text{max } 0}^{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n Z_{\text{max } i}^{\text{пр}} \quad (19)$$

$$Z_{\text{min } 0}^{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n Z_{\text{min } i}^{\text{пр}} \quad (20)$$

Проверим правильность произведенных расчетов по формулам:

$$Z_{\max i}^{\text{пр}} - Z_{\min i}^{\text{пр}} = T_{i-1} - T_i \quad (21)$$

$$Z_{\max 0}^{\text{пр}} - Z_{\min 0}^{\text{пр}} = T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}} \quad (22)$$

$$4,061 - 1,875 = 2,2 - 0,014;$$

$$2,186 = 2,186.$$

Расчет произведен верно.

По справочным данным определим припуски, допуски и предельные отклонения на оставшиеся обрабатываемые поверхности и сведем их в таблицу 8.

Схема графического расположения припусков на обработку поверхности $\varnothing 67^{+0,039}_{+0,025}$ показана на рисунке 12.

Таблица 8 - Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности

Действительный размер	Припуск	Расчетный размер	Допуск	Отклонение		Размер
				Верхнее	Нижнее	
$48 \pm 0,125$	2,2	52,4	2,2	+1,4	-0,8	$52,4^{+1,4}_{-0,8}$
20	2,1	24,2	2	+1,3	-0,7	$24,2^{+1,3}_{-0,7}$
16	0,1	16,2	2	+1,3	-0,7	$16,2^{+1,3}_{-0,7}$
$\varnothing 130h9$	2,1	$\varnothing 134,2$	2,5	+1,6	-0,9	$\varnothing 134^{+1,6}_{-0,9}$
$\varnothing 67^{+0,039}_{+0,025}$	2	$\varnothing 71$	2,2	+1,4	-0,8	$\varnothing 71^{+1,4}_{-0,8}$
$\varnothing 54$	2	$\varnothing 50$	2,2	+1,4	-0,8	$\varnothing 50^{+0,8}_{-1,4}$
$\varnothing 100H7$	2	$\varnothing 96$	2,2	+1,4	-0,8	$\varnothing 96^{+0,8}_{-1,4}$

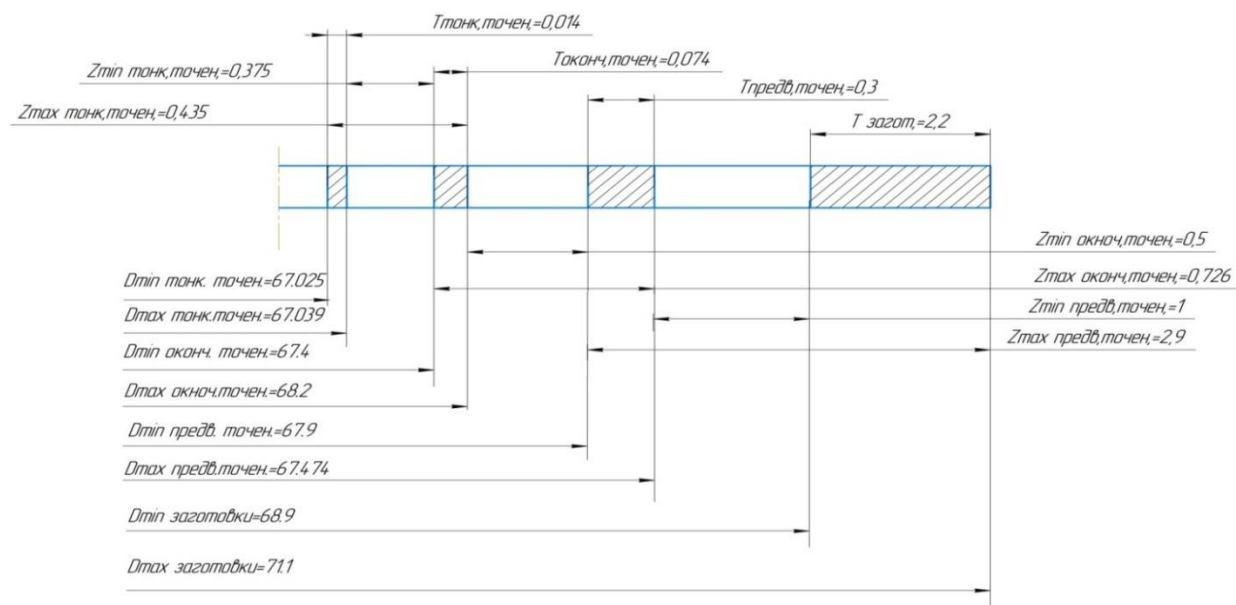


Рисунок 12 – Схема графического расположения припусков на обработку поверхности $\phi 67^{+0,039}_{+0,025}$

1.3.2. Расчет режимов резания

Произведем расчет режимов резания для перехода 1. Точить торец 1 однократно. Сплав для точения выберем по [13, стр. A282] (рисунок 13). Рекомендуемые значения глубин и подач для пластины CNMG 190616-SM выберем по каталогу Sandvik [13, стр. A268] (рисунок 14), рекомендуемую скорость резания выберем по [13, стр. A265] (рисунок 15).



Титановые сплавы

Основные марки сплавов



H13A (HW) – S15 (S10-S30)

Твердый сплав без покрытия для низких и умеренных скоростей резания.

Дополнительные марки сплавов



GC1115 (HC) – S20 (S15-S25)

Твердый сплав с покрытием PVD. Этот сплав имеет отличные характеристики в сочетании с острокромочными геометриями. Подходит для получистового и чернового точения материалов, склонных к налипанию.

Рисунок 13 – Сплав для точения титановых сплавов

ТОЧЕНИЕ

Режимы резания

Рекомендуемые значения глубин резания и подач

Пластины T-Max® P для точения

Пластины	Глубина резания			Подача		
	$a_p = \text{мм}$			$f_n = \text{мм/об}$		
	Рек.	Min	Max	Рек.	Min	Max
CNMG190616-SM	6	1	9	0.3	0.25	0.4

Рисунок 14 – Рекомендуемые значения глубин резания и подач

ISO S		Жаропрочные материалы	Удельная сила резания k_{c1}	Твердость по Бринеллю	
					H13A
					0.1-0.3-0.5
Код MC	Код CMC	Обрабатываемый материал	Н/мм ²	НВ	
		Жаропрочные сплавы			
		На основе железа			
S1.0.U.AN	20.11	Отоженные или после отпуска в расплаве солей	2400	200	80-65-50
S1.0.U.AG	20.12	Подвергнутые старению, в т.ч. после отжига в расплаве солей	2500	280	60-50-40
		На основе никеля			
S2.0.Z.AN	20.21	Отоженные или после отпуска в расплаве солей	2650	250	50-40-30
S2.0.Z.AG	20.22	Подвергнутые старению, в т.ч. после отжига в расплаве солей	2900	350	40-30-20
S2.0.C.NS	20.24	Литье, в т. ч. подвергнутое старению	3000	320	25-20-15
		На основе кобальта			
S3.0.Z.AN	20.31	Отоженные или после отпуска в расплаве солей	2700	200	50-40-30
S3.0.Z.AG	20.32	Старение после отжига в расплаве солей	3000	300	40-30-20
S3.0.C.NS	20.33	Литье, в т. ч. подвергнутое старению	3100	320	25-20-15
		Титановые сплавы²⁾		Rm³⁾	0.1-0.3-0.5
S4.1.Z.UT	23.1	Технически чистый (99,5% Ti)	1300	400	50-40-30
S4.2.Z.AN	23.21	α , близкие к α и $\alpha + \beta$ сплавы, отоженные	1400	950	40-30-20
S4.3.Z.AG	23.22	$\alpha + \beta$, подвергнутые старению. β , отоженные или подвергнутые старению	1400	1050	25-20-15

Рисунок 15 – Рекомендуемые скорости резания

Тогда: $a_p = 2,2 \text{ мм}$; $f_n = 0,25 \text{ мм/об}$. $V_c = 50 \text{ м/мин}$.

Частота вращения:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 50}{3,14 \times 134,2} = 120 \text{ (об/мин)}. \quad (23)$$

Основное время:

$$T_o = \frac{L_p}{S_o \times n}, \text{ мин}, \quad (24)$$

где L_p – длина обработки, мм;

$$L_p = l + l_1 + l_2, \text{ мм}, \quad (25)$$

где $l_1 + l_2 = 4$ мм – длина врезания и перебега.

$$l = (134,2 - 96)/2 = 19,1 \text{ (мм);}$$

$$L_p = 19,1 + 2 + 2 = 23,1 \text{ (мм);}$$

$$T_o = \frac{23,1}{0,25 \times 120} = 0,7 \text{ (мин).}$$

Аналогичным образом произведем расчеты для остальных переходов и результаты занесем в таблицу 9.

Таблица 9 – Сводная таблица режимов резания

№ оп.	Переход	Содержание	t, мм	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин	T _о , мин
1	2	3	4	5	6	7	8
005	Комплексная на ОЦ с ЧПУ, установ А						
	1	Точение пов. 1 окончательно	3	0,25	120	50	0,7
		Точение пов. 2 черн.	2,0675	0,3	120	50	0,7
	2	Точение пов. 2 получист.	0,02	0,2	120	50	0,8
		Точение пов. 2 чист.	0,0125	0,1	120	50	1,8
	3	Растачивание отв. 7	3,5мм*2= 7	0,25	300	50	0,5
		Расточить отв. 6	2*2=4	0,25	300	50	0,4
		Точить фаски поз. 19	1,6	0,25	300	75	0,01
		Расточить отв. 4	2	0,25	300	50	0,7
		Расточить отв. 5 предв.	1,875	0,25	300	50	0,66
		Расточить отв. 3 предв.	1,80	0,25	300	50	0,2
		Расточить отв. 3 оконч.	0,3	0,1	300	55	0,1
		Точить фаски поз. 19	1,6	0,25	300	75	0,01
		Расточить отв. 5 тонкое.	0,0125	0,1	300	55	0,1
							6,68

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7	8
005	Установ Б						
	4	Точение пов. 9	2,2	0,3	200	50	0,15
		Точение пов. 12 черн.	1,9515	0,3	200	50	0,3
		Точение пов. 12 чист.	0,02	0,2	200	70	0,35
		Точение пов. 11 черн.	1,9	0,3	200	50	0,5
		Точение пов. 10 черн.	3+3+2,98=8,98	0,3	200	50	0,65
	5	Точение пов. 12 тонкое	0,0125	0,1	240	50	0,2
		Точение пов. 11 чист.	0,3	0,2	240	50	0,7
		Точение пов. 10 чисто	0,02	0,2	240	50	0,4
	6	Растачивание пов. 13 черн.	2+1,9=3,9	0,25	250	50	0,4
		Точение фаски поз. 15	1	0,3	250	50	0,01
		Растачивание пов. 13 чист.	0,1	0,1	250	50	1,2
	7	Точение канавки поз. 14	2	0,3	370	70	0,01
	8	Сверление 6 отв. Поз. 16	4,5	0,2	2100	60	0,02*6=0,12
	9	Сверление 6 отв. Поз. 18	2	0,12	2400	30	0,03*6=0,17
	10	Сверление отв. Поз. 17	4	0,125	1900	40	0,03
	11	Сверление отв. Поз. 19	2,3	0,08	2000	30	0,04
	итого						5,83
							12,51

Вывод: Проведен выбор режимов резания по каталогу Sandvik и определены нормы технологического времени.

1.3.3. Расчет технических норм времени

Норму штучно-калькуляционного времени определяем по формуле [8, с. 99]:

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} + T_{\text{шт}} = \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} + t_o + t_v + t_{\text{об}} + t_{\text{от}}, \quad (26)$$

где $T_{\text{п.з.}}$ – подготовительно-заключительное время, мин.;

$T_{\text{шт}}$ – штучное время на операцию, мин.;

n – количество деталей в партии, $n = 688$ шт;

t_o – основное время, мин.;

t_v – вспомогательное время, мин.;

$t_{\text{об}}$ – время на обслуживание рабочего места, мин.;

$t_{\text{от}}$ – время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

Расчет времени произведен на операцию 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ:

1. Основное время [стр. 38, Т9]:

$$t_o = 12,51 \text{ мин.}$$

2. Вспомогательное время определяется по формуле [8, с. 99]:

$$t_v = t_{\text{ус}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}}, \text{ мин.}, \quad (27)$$

где $t_{\text{ус}}$ – время на установку и снятие детали, мин.;

$$t_{\text{ус}} = 0,27 \times 2 = 0,54 \text{ (мин)},$$

$t_{\text{пер}}$ – время, связанное с переходом (время на подвод инструмента, холостые ходы и смену инструмента), мин.

$$t_{\text{пер}} = 3,05 \text{ мин.}$$

$t_{\text{изм}}$ – вспомогательное время на контрольные измерения, мин. Не учитываются т.к. контроль размеров производится после наладки станка и обработки пробной детали, а также, учитывая стойкость инструмента, производить контроль через 200 минут обработки.

Следовательно:

$$t_b = 0,54 + 3,05 = 3,59 \text{ (мин)}.$$

3. Время обслуживания рабочего места, отдых и личные потребности:

Время на обслуживание рабочего места определяется как 3% от оперативного времени [8, стр.101].

$$t_{обс} = (T_o + t_b) \times K_{обс}, \text{ мин}; \quad (28)$$

$$t_{обс} = (12,51 + 3,59) \times 0,03 = 0,483 \text{ (мин)}.$$

Время на отдых и личные потребности $T_{отд}$ определяется как 4% от оперативного [8, стр. 101]:

$$T_{отд} = (T_o + t_b) \times K_{отд}, \text{ мин}; \quad (29)$$

$$t_{отд} = (12,51 + 3,59) \times 0,04 = 0,644 \text{ (мин)}.$$

4. Определение нормы штучного времени:

$$T_{ш} = 12,51 + 3,59 + 0,483 + 0,644 = 17,227 \text{ (мин)}.$$

Подготовительно-заключительное время: $T_{пз} = 34 \text{ мин}.$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{ш-к} = \frac{34}{688} + 17,227 = 17,276 \text{ (мин)}.$$

Рассчитаны затраты необходимого времени для операций механической обработки детали «Фланец». Были использованы справочные данные и формулы. Рассчитаны нормы штучно-калькуляционного времени. Для этого определено подготовительно-заключительное время операций и все составляющие штучного времени.

1.4. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали «Фланец»

УП для станка с ЧПУ – основа станочного оборудования с числовым программным управлением. С ее помощью обеспечивается автоматическая или полуавтоматическая обработка деталей. Этот компонент позволяет

получить качественное и точное изготовление деталей, имеющих сложные формы [20].

В разрабатываемом технологическом процессе механической обработки детали «Фланец» предполагается использование токарного центра с ЧПУ модели DOOSAN PUMA GT2600LM. Данный станок оснащен системой ЧПУ Fanuc *i Series*.

Компания FANUC находится в авангарде мировой промышленной революции. Компания была основана в 1956 г. доктором технических наук Сэиуэмоном Инабой, который с первого дня ее работы внедрял концепцию числового программного управления (ЧПУ). Начав в конце 1950-х с автоматизации отдельных единиц оборудования, несколько десятилетий спустя компания FANUC уже занималась автоматизацией целых производственных линий. А основой для такого инновационного роста послужило изобретение доктора Инабы: он построил 1ый электрический шаговый двигатель, используя при этом числовое программное управление и оснастил станок этим двигателем [20].

Компания GE Fanuc Automation – занимает первые строчки в области разработки и поставки новейших устройств с ЧПУ и оборудования для станкостроения.

Слаженная деятельность любого высокотехнологичного производства недостижима без решения важнейшей задачи – создания управляющих программ для станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

В настоящее время используется два способа разработки таких программ:

- цеховое программирование (с использованием станочной стойки ЧПУ);
- создание программы на ПК с ее последующей загрузкой в стойку ЧПУ станка.

При этом способ цехового программирования на сегодняшний день признан морально устаревшем в силу недостаточного уровня эффективности, а потому и применяется он не часто. Прежде всего, в сравнении с клавиатурой ПК клавиатура ЧПУ-стойки не столь удобна. К тому же, при программном обеспечении СЧПУ имеется гораздо меньше возможностей в плане редактирования программ. Наконец, УП вводится в память СЧПУ вручную, что требует определенного периода времени, на протяжении которого станок простаивает, а значит, задерживается и выпуск конечной продукции. Вот почему создание программного обеспечения на персональном компьютере с последующей загрузкой в СЧПУ является ныне гораздо более приемлемым вариантом решения проблемы.

Создание УП состоит из нескольких этапов. На начальном этапе строится цифровая модель изделия. Затем проводится программный анализ. С его помощью модель можно разделить на точки, чтобы разработать систему координат. По ней будут двигаться инструменты и заготовка в ходе работы.

Обработкой файла будет заниматься процессор. Информация с файла считывается последовательно. Поэтому команды выполняются последовательно. Программу легко записать на обычном компьютере и подключить ее при помощи флэшки. Затем она будет записана в память компьютера станка и использовать ее не понадобится. С самой программой можно будет осуществлять серийную разработку деталей.

Важным плюсом управляющих программ станков ЧПУ – универсальность. Один раз созданная УП может быть использована на другой производственной технике той же модели. Программа записывается в память компьютера станка с помощью самой обычной флэшки. Она даже может быть пересылаться между предприятиями по электронной почте.

В выпускной квалификационной работе управляющую программу разработаем на 005 операцию «Комплексная на ОЦ с ЧПУ» установ А.

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Установ А:

Точить торец 1 однократно. Точить пов. 2 предварительно и окончательно. Расточить отверстие 3 предварительно и окончательно. Расточить отверстия 4, 6, 7 – однократно. Расточить отверстие 5 предварительно и окончательно. Точить фаски 8 однократно.

Для разработки управляющей программы необходимо:

- выбрать инструмент;
- выбрать режимы резания;
- спроектировать траекторию движения инструмента;
- определить координаты опорных точек.

Выбор режущего инструмента приведен в главе 1.5.2.2.

Элементы режимов резания представлены в таблице 9.

Траектория движения инструмента и таблица координат опорных точек приведены на плакатах 3, 4 и 5.

Инструментам присвоим номера T01...T08.

Фрагмент управляющей программы на операцию 005 представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Фрагмент управляющей программы на операцию 005 (установ А)

Кодирование информации, содержание кадра	Содержание кадра УП
1	2
%	Символ начала программы
O0001 (FLANEC)	Номер программы (0001) и ее название (FLANEC)
G0 G54 X250. Z250. T0100	Сдвиг нулевой точки, выбор инструмента №1
G18	Выбор рабочей плоскости X-Z
G96 S120 M03	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя по часовой стрелке
G0 X94 Z5. T0101 M8	Перемещение инструмента №1 на ускоренной подаче в точку с указанными координатами, включение СОЖ
G1 Z0 F0.25	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X130.065	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
Z-23	Движение к заданным координатам на рабочей подаче

Продолжение таблицы 10

1	2
G0 Z250 X250 T0100 M9	Ускоренное перемещение в безопасную точку смены инструмента, отключение СОЖ
M05	Останов шпинделя
M01	Останов с подтверждением
G0 G54 X250. Z250. T0200	Сдвиг нулевой точки, выбор инструмента №2
G18	Выбор рабочей плоскости X-Z
G96 S120 M03	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя по часовой стрелке
G0 X130.025 Z2. T0202 M8	Перемещение инструмента №2 на ускоренной подаче в точку с указанными координатами, включение СОЖ
G1 Z-23 F0.2	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 X131	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
Z2	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
X130	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 Z-23 F0.1	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 Z250 X250 T0200 M9	Ускоренное перемещение в безопасную точку смены инструмента, отключение СОЖ
M05	Останов шпинделя
M01	Останов с подтверждением
G0 G54 X250. Z250. T0300	Сдвиг нулевой точки, выбор инструмента №3
G18	Выбор рабочей плоскости X-Z
G96 S320 M03	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя по часовой стрелке
G0 X47 Z2 T0303 M8	Перемещение инструмента №3 на ускоренной подаче в точку с указанными координатами, включение СОЖ
Z-14	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 Z-40 F0.25	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 X45	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
Z-14	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
X54	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 Z-50.2 F0.25	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 X45	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
Z-14	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
X58	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 Z-29.4 F0.25	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X52 Z-30.3	Движение к заданным координатам на рабочей подаче

Окончание таблицы 10

1	2
G0 X-14	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
X64	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 Z-27.7 F0.25	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G03 X59.6 R1.6 Z-29.25 F0.25	Движение инструмента по круговой интерполяции против часовой стрелки
G1 X52 Z-30.3 F0.25	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 Z-18.6	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
X60	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 X65.2 Z-16 F0.25	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X100	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G02 X102 R1 Z-15 F0.25	Движение инструмента по круговой интерполяции по часовой стрелке
G1 Z-6.5 F0.25	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G02 X100 R1 Z-5.5 F0.25	Движение инструмента по круговой интерполяции по часовой стрелке
G1 X99.75 F0.25	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
Z-1.85	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X107.4	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
Z1	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 X108	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 Z-1.85 F0.1	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X103.2	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X100 Z-3.45 F0.25	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
Z-7 F0.1	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 X98	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G0 Z2 M9	Перемещение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами, отключение СОЖ
Z250 X250 T0300	Ускоренное перемещение в безопасную точку смены инструмента
M05	Останов шпинделя
M00	Программируемый останов

Вся программа представлена в приложении В.

1.5. Проверочный расчет зажимного приспособления

Деталь зажимается в 3-х кулачковый гидравлический патрон. Силу зажима будем определять на операцию 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ, установ А, переход 1.

Схема базирования представлена на рисунке 3 в главе 1.2.2.

Сила резания определяется по формуле: [11, стр. 271]:

$$P_Z = 10 \times C_p \times t^x \times S_o^y \times V^n \times K_p, \text{ Н.} \quad (30)$$

Коэффициенты и показатели степеней определяем по таблицам [11, стр. 273, Т22]: $C_p = 204$, $x = 1,0$, $y = 0,75$, $n = 0$.

Поправочный коэффициент K_p :

$$K_p = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp}, \quad (31)$$

где K_{mp} , $K_{\varphi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$, K_{rp} – коэффициенты, учитывающие фактические условия резания [11, стр.275, Т23] – $K_{\varphi p} = 1,0$, $K_{\gamma p} = 1,1$, $K_{\lambda p} = 1,0$, $K_{rp} = 1,0$.

K_{mp} определяется по формуле:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{1100}{750} \right)^{0,75} = 1,33; \quad (32)$$

$$K_p = 1,33 \times 1,0 \times 1,1 \times 1,0 \times 1,0 = 1,463;$$

$$P_Z = 10 \times 204 \times 2,2^1 \times 0,253^{0,75} \times 50^0 \times 1,463 = 2344 \text{ (Н)}.$$

Составляющие сил P_Y и P_X возьмем в долях от силы P_Z :

$$P_Y = (0,3 - 0,5)P_Z \quad P_X = (0,15 - 0,3)P_Z$$

$$P_Y = 1173 \text{ Н}; \quad P_X = 703,2 \text{ Н}.$$

Расчет коэффициента запаса сил резания

При расчете сил зажима заготовки силы и моменты сил резания увеличивают в несколько раз, вводя в формулы коэффициент запаса K . Это повышает надежность закрепления заготовки.

Коэффициент определяется по следующей формуле [13, с. 382-384]:

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6, \quad (33)$$

где K_0 – коэффициент гарантированного запаса, $K_0 = 1,5$;

K_1 – коэффициент, повышающий силы резания при черновой обработке, примем $K_1 = 1,2$;

K_2 – коэффициент, повышающий силы резания при работе затупленным инструментом, примем $K_2 = 1,0$;

K_3 – коэффициент, который учитывает увеличение сил при прерывистом резании, примем $K_3 = 1,0$;

K_4 – характеризует непостоянство силы закрепления в механизмах с ручным приводом, примем $K_4 = 1,0$ для приспособления с гидроприводом;

K_5 – учитывает непостоянство силы закрепления при не удобном расположении рукоятки, при отсутствии рукоятки примем $K_5 = 1,0$;

K_6 – коэффициент, который отличен от единицы, если на заготовку действуют неучтенные вращающие моменты, здесь $K_6 = 1,2$.

$$K = 1,5 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,2 = 2,16.$$

Принимаем коэффициент запаса сил и моментов сил резания $K = 2,5$.

Расчет требуемых сил зажима.

Найдем величину сил зажима из условия, что заготовка сохраняет неподвижное состояние под действием сил зажима, реакций опор и сил резания. На рисунке 16 показана графическая модель равновесия заготовки.

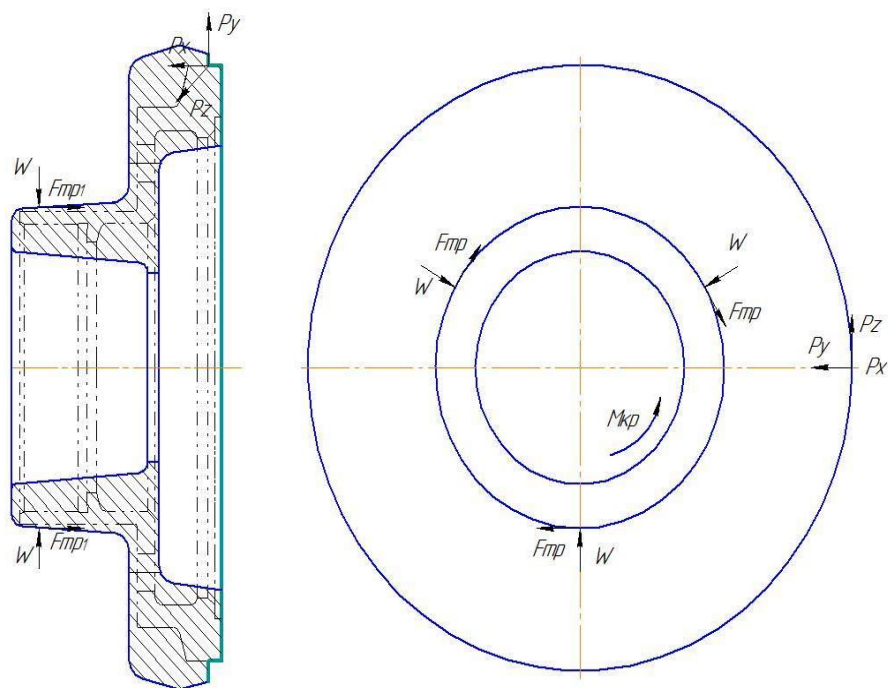


Рисунок 16 – Графическая модель равновесия заготовки

Для сохранения равновесия следует соблюдать следующие условия:

$$P_X \leq 3 \times F_{\text{тр1}} \text{ и } M_{\text{кр}} \leq 3 \times F_{\text{тр}} \times D \text{ или}$$

$$k \times P_X = 3 \times F_{\text{тр1}} \text{ и } k \times M_{\text{кр}} = 3 \times F_{\text{тр}} \times 0,5 \times D,$$

где $F_{\text{тр1}} = f \times W'$ и $F_{\text{тр}} = f \times W''$.

Общая сила зажима:

$$W = \sqrt{(W')^2 + (W'')^2}; \quad (34)$$

Тогда:

$$k \times P_X = 3 \times f \times W'; \quad (35)$$

Откуда:

$$W' = \frac{k \times P_X}{3 \times f}; \quad (36)$$

$$k \times M_{\text{кр}} = 3 \times F_{\text{тр}} \times 0,5 \times D; \quad (37)$$

Откуда:

$$W'' = \frac{k \times M_{\text{кр}} \times 2}{3 \times f \times D}, \quad (38)$$

где f – коэффициент трения, для стали по стали примем $f = 0,2$.

Тогда:

$$W' = \frac{2,5 \times 703,2}{3 \times 0,2} = 2930 \text{ (Н)};$$

$$W'' = \frac{2,5 \times 157,52 \times 2}{3 \times 0,2 \times 134,4} = 9,58 \text{ (Н)};$$

$$W = \sqrt{(2930)^2 + (9,58)^2} = 2930 \text{ (Н)}.$$

Для того чтобы заготовка оставалась неподвижной в 3-ёх кулачковом патроне, она должна быть зажата тремя силами $W = 2930 \text{ (Н)}$.

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В данной выпускной квалификационной работе производится разработка технологического процесса детали «Фланец» на участке механической обработки в условиях среднесерийного производства, количество выпускаемых готовых деталей 17000 штук в год.

Т.к. в данной выпускной квалификационной работе производится разработка технологического процесса, то в экономической части проекта будет произведен только расчет капитальных затрат и определение себестоимости изготовления детали.

По проектируемому варианту применяем обрабатывающий центр модели DOOSAN PUMA GT 2600 LM и режущий инструмент фирмы «Sandvik» и «Iscar».

Таблица 11– Показатели техпроцесса

№ опер	Наименование операции	Модель станка	T_o , мин	$T_{ш}$, мин	$T_{ш-к}$, мин	Разряд	Цена оборудования, руб.
005	Комплексная на ОЦ с ЧПУ	DOOSAN PUMA GT 2600LM	12,51	17,227	17,276	3	11 100 000

2.1. Расчет количества оборудования

Расчет количества технологического оборудования [12, стр. 21]:

$$q = \frac{T_{ш-к} \times N}{F_{об} \times k_{вн} \times k_3 \times 60}, \quad (39)$$

где $T_{ш-к}$ – штучно-калькуляционное время, мин.;

N – годовая программа выпуска деталей, шт;

$F_{об}$ – действительный годовой фонд работы оборудования, ч;

$k_{вн}$ – коэффициент выполнения норм времени, $k_{вн} = 1,2$;

k_3 – коэффициент загрузки оборудования, $k_3 = 0,9$.

Номинальный фонд времени работы единицы оборудования следует определять по производственному календарю на текущий год (365 – календарное количество дней; 118 – количество выходных и праздничных дней; 247 – количество рабочих дней, из них: 4 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч; 243 – рабочие дни продолжительностью 8 ч). Отсюда количества рабочих часов оборудования (номинальный фонд):

– при односменной работе составляет:

$$F_{\text{н}} = 243 \times 8 + 4 \times 7 = 1972 \text{ ч.}$$

– при трехсменной работе:

$$F_{\text{н}} = 1972 \times 3 = 5916 \text{ ч.}$$

Действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования рассчитывается по формуле:

$$F_{\text{об}} = F_{\text{н}} \left(1 - \frac{k_p}{100} \right), \text{ ч,} \quad (40)$$

где $F_{\text{н}}$ – номинальный фонд времени работы единицы оборудования, ч;

k_p – потери номинального времени работы единицы оборудования на ремонтные работы, %.

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 9,0% для обрабатывающего центра с ЧПУ.

$$F_{\text{н}} = 5916 \times \left(1 - \frac{9}{100} \right) = 5384 \text{ (ч);}$$

Количество оборудования расчетное:

$$q = \frac{17,276 \times 17000}{5384 \times 1,2 \times 0,9 \times 60} = 0,84.$$

Принимаемое количество – 1 станок.

Коэффициент загрузки оборудования:

$$k_{zi} = \frac{q_{pi}}{q_{\text{при}}} \times 100 \%, \quad (41)$$

где q_{pi} – расчетное количество оборудования, шт;

$q_{\text{прі}}$ – принятое количество оборудования, шт.

$$k_3 = \frac{0,84}{1} \times 100\% = 84 \%$$

Затрат на монтаж оборудования и транспортных расходов нет, так как оборудование уже есть в цехе.

2.2. Расчет технологической себестоимости

Технологическая себестоимость складывается из суммы следующих элементов:

$$C = Z_э + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{и}}, \text{ руб.} \quad (42)$$

где $Z_э$ – затраты на технологическую электроэнергию, руб;

$Z_{\text{зп}}$ – затраты на заработную плату, руб;

$Z_{\text{об}}$ – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, руб;

$Z_{\text{и}}$ – затраты на малоценный инструмент, руб.

2.2.1. Расчет численности основных рабочих

Списочная численность основных рабочих:

$$r_{\text{о.р.}} = \frac{T_{\text{год}}}{\Phi_{\text{д}}}, \quad (43)$$

где $T_{\text{год}}$ – годовая трудоемкость, чел·ч.;

$\Phi_{\text{д}}$ – действительный годовой рабочий фонд;

Трудоемкость по операциям:

$$T_{\text{изд}} = \frac{T_{\text{шт-к}}}{60}, \text{ н – ч.} \quad (44)$$

где $T_{\text{шт-к}}$ – штучно-калькуляционное время, мин.;

Трудоемкость изделия:

$$T_{\text{изд}} = \frac{17,276}{60} = 0,29 \text{ (н – ч).}$$

Годовая трудоемкость:

$$T_{\text{год}} = T_{\text{изд}} \times N_{\text{г, н}} - \text{ч}; \quad (45)$$

$$T_{\text{год}} = 0,29 \times 17000 = 4930 (\text{н} - \text{ч}).$$

Количество рабочих часов станочника составляет 1684 ч.

Транспортные работники – 5% от основных рабочих.

Численность контролеров - 7% от основных рабочих.

Расчеты указаны в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет численности рабочих

Показатели	Расчетное	Принятое
Основные рабочие	$r_{\text{о.р.}} = 4930/1684 = 2,9 \text{ чел}$	3 чел. по кол-ву обо- руд.
Транспортные работни- ки	$r_{\text{трансп}} = 0,05 \times 2,9 = 0,14 \text{ чел.}$	1 чел.
Контролеры	$r_{\text{контр.}} = 0,07 \times 2,9 = 0,2 \text{ чел.}$	1 чел.

2.2.2. Расчет заработной платы рабочих

Заработная плата для основных рабочих:

$$C_{\text{з.о.р.}} = l_{\text{ч}} \times t_{\text{шт-к}} \times k_{\text{м}} \times k_{\text{пр}} \times k_{\text{д}} \times k_{\text{п}} \times k_{\text{с.с}}, \text{руб}, \quad (46)$$

где $l_{\text{ч}}$ – часовая ставка, руб/ч.;

$t_{\text{шт-к}}$ – штучное время, ч;

$k_{\text{м}}$ – коэффициент многостаночного обслуживания;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату;

$k_{\text{п}}$ – районный коэффициент;

$k_{\text{с.с}}$ – коэффициент социального страхования.

Часовые тарифные ставки:

2-го разряда – 136,64 руб/ч.;

3-го разряда – 141,53 руб/ч.;

4-го разряда – 148,86 руб/ч..

Таблица 13 – Заработная плата основных рабочих

№ опер.	Тариф став руб/ ч.	$t_{шт-к}$, мин	k_m	$k_{пр}$	k_d	k_n	$k_{с.с.}$	$C_{з.о.р.}$, руб.
005	141,53	0,29	1	1,35	1,08	1,15	1,3	89,5
Итого								89,5

Заработная плата транспортных рабочих рассчитывается по формуле:

$$C_{з.т.р.} = \frac{l_{ч} \times \Phi_d \times k_{пр} \times k_d \times k_n \times k_{с.с.} \times r_{тр}}{N_r}, \text{ руб.} \quad (47)$$

где $l_{ч}$ – часовая ставка, руб/ч.;

Φ_d – действительный годовой рабочий фонд;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент;

k_d – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату;

k_n – районный коэффициент;

$k_{с.с.}$ – коэффициент социального страхования;

$r_{тр}$ – число транспортных рабочих;

N_r – годовая программа выпуска, шт.

$$C_{з.т.р.} = \frac{136,64 \times 1684 \times 1,2 \times 1,08 \times 1,15 \times 1,3 \times 0,12}{17000} = 3,15 \text{ (руб.)}$$

Заработная плата контролеров рассчитывается по формуле:

$$C_{з.т.р.} = \frac{l_{ч} \times \Phi_d \times k_{пр} \times k_d \times k_n \times k_{с.с.} \times r_{кр}}{N_r}, \text{ руб.} \quad (48)$$

где $l_{ч}$ – часовая ставка, руб/ч.;

Φ_d – действительный годовой рабочий фонд;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент;

k_d – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату;

k_n – районный коэффициент;

$k_{с.с.}$ – коэффициент социального страхования.

$r_{кр}$ – число контролеров;

N_r – годовая программа выпуска, шт.

$$C_{з.к.р.} = \frac{136,64 \times 1684 \times 1,2 \times 1,08 \times 1,15 \times 1,3 \times 0,16}{17000} = 4,19 \text{ (руб.)}$$

2.2.3. Затраты на электроэнергию

$$C_э = \frac{N_d \times k_o \times k_n \times k_3 \times k_w \times T_{шт-к} \times Ц_э}{\eta \times k_{вн} \times 60}, \text{ руб,} \quad (49)$$

где N_d – действительная суммарная мощность оборудования, $N_d = 22$ кВт;

k_o – коэффициент, учитывающий одновременность работы двигателей станков, $k_o = 0,9$;

k_n – коэффициент загрузки электродвигателей станков по мощности, $k_n = 0,8$;

k_3 – коэффициент загрузки электродвигателей станков по времени, $k_3 = 0,9$;

k_w – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода, $k_w = 1,05$;

$Ц_э$ – цена 1кВт·ч электроэнергии, $Ц_э = 3,96$ руб;

$$C_э = \frac{22 \times 0,9 \times 0,8 \times 0,9 \times 1,05 \times 17,276 \times 3,96}{0,9 \times 1,2 \times 60} = 15,8 \text{ (руб.)}$$

2.2.4. Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

$$З_{об} = C_a + C_p, \text{ руб,} \quad (50)$$

где C_a – амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования, руб;

C_p – затраты на ремонт технологического оборудования, руб.

Затраты на ремонт технологического оборудования, приходящиеся на одну деталиеоперацию, определяются по формуле:

$$C_p = \frac{Ц_{ед} \times K_p \times q_p}{N \times 100}, \text{ руб,} \quad (51)$$

где K_p коэффициент отчислений в ремонтный фонд (по данным предприятия).

$$C_p = \frac{11100000 \times 8,4 \times 0,84}{17000 \times 100} = 46 \text{ (руб.)}$$

Расчет затрат на амортизационные отчисления рассчитываем по формуле:

$$C_a = \frac{C_{ед} \times H_a \times T_{шт-к}}{f_d \times 60 \times k_z \times k_{вн}}, \text{ руб.} \quad (52)$$

где $C_{ед}$ – цена на единицу оборудования, $C_{ед} = 11100000$ руб;

H_a – норма амортизационных отчислений;

f_d – фонд времени работы оборудования, $f_d = 5384$ ч.;

k_z – коэффициент загрузки оборудования, $k_z = 0,84$;

$k_{вн}$ – коэффициент выполнения норм.

$$H_a = 1/\text{СПИ} = 1/10 = 0,1.$$

$$C_a = \frac{11100000 \times 0,1 \times 17,276}{5384 \times 60 \times 0,84 \times 1,2} = 58,9 \text{ (руб.)}$$

Тогда:

$$З_{об} = 46 + 58,9 = 104,9 \text{ (руб.)}$$

2.2.5. Затраты на эксплуатацию инструмента

$$C_{и} = \frac{(C_{и} + P_{и}) \times T_o \times k_{уб}}{60 \times T_{ст}(h + 1)}, \text{ руб.} \quad (53)$$

где $C_{и}$ – цена инструмента, руб.;

$P_{и}$ – затраты на все переточки инструмента, руб.;

T_o – основное время операции, мин.;

$k_{уб}$ – коэффициент случайной убыли инструмента, определяется опытным путем, по заводским данным;

$T_{ст}$ – период стойкости инструмента между переточками, час;

h – число переточек инструмента до полного износа.

Таблица 14 – Параметры инструмента

Наименование	T_o , мин	$C_{и}$, руб.	$T_{ст}$, мин	$P_{и}$, руб.	$k_{уб}$	Итого затра- ты, руб.
1	2	3	4	5	6	7
Державка DCLNR 2525M 19 Пластина CNMG 190616-SM 1105	4,18	8469,58	310	-	0,9	1,71
Державка DCLNR 2020K 12 Пластина CNMG 12 04 04-SM 1105	5,4	7108,47	310	-	0,9	1,85
Державка A32T-STFCR 16 Пластина TCMT 16 T3 08-MR 1105	3,6	16394,72	310	-	0,9	2,53
Державка GENIUR 16U Пластина GEPI 2.0 - 1.0 IC07	0,01	23419	310	-	0,9	0,01
Сверло R846-0900-30-A1A 1220	0,24	9585,31	280	-	0,9	0,12
Сверло R840-0400-50-A0A 1220	0,12	6786,4	280	-	0,9	0,04
Сверло R846-0800-50-A1A 1220	0,04	9585,31	280	-	0,9	0,02
Сверло R840-0460-50-A0A 1220	0,03	6786,4	280	-	0,9	0,01
Итого						6,31

Результаты по расчету технологической себестоимости изготовления детали сводятся в таблицу 15.

Таблица 15 – Технологическая себестоимость обработки детали, руб.

Статья затрат	Затраты, руб
Заработная плата с начислениями	96,84
Затраты на технологическую электроэнергию	15,8
Затраты на содержание и эксплуатацию электрооборудования	104,9
Затраты на инструмент	6,31
Итого	223,85

Определение годовой себестоимости:

$$\mathcal{E}_r = C_{пр} \times N, \text{ руб.} \quad (54)$$

где $C_{пр}$ – технологическая себестоимость одной детали, руб.;

N – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$\mathcal{E}_r = 217,55 \times 17000 = 3\,805\,450 \text{ (руб.)}$$

Расчет уровня механизации труда на программных операциях вычисляется по формуле:

$$k_{\text{мех}} = \frac{T_0 + T_{\text{всп}}}{T_{\text{ш-к}}}; \quad (55)$$

$$k_{\text{мех}} = 100 \times \frac{12,51 + 3,59}{17,276} = 93\%.$$

Сведем все технико-экономические показатели в таблицу 16.

Таблица 16 – Техничко-экономические показатели проекта

Наименование показателя	Значение показателя
Годовой выпуск деталей, шт.	17000
Количество оборудования, шт.	1
Численность основных рабочих, чел.	3
Трудоемкость изготовления 1-го изделия, н-ч	0,29
Технологическая себестоимость обработки детали, руб.	223,85
В том числе:	
Зарботная плата с начислениями, руб.	96,84
Затраты на технологическую электроэнергию, руб.	15,8
Затраты на содержание и эксплуатацию электрооборудования, руб.	104,9
Затраты на инструмент, руб.	6,31
Технологическая себестоимость годового выпуска, руб.	3 805 450
Уровень механизации труда, %	93

В данном разделе были произведены технико-экономические расчеты для разрабатываемого технологического процесса. Рассчитана технологическая себестоимость одной детали. Так же была рассчитана себестоимость для годового объема выпуска. Рассчитаны количество оборудования и уровень механизации труда.

3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В связи с использованием обрабатывающего центра с числовым программным управлением требуется переобучить «Токаря» на «Оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ»

Цель: переподготовить токаря на оператора наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ

Задачи:

- анализ профессионального стандарта «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»;
- анализ учебного плана по переподготовки токаря учебного центра предприятия;
- составление программы по переподготовки токаря на оператора обрабатывающих центров с ЧПУ;
- разработка занятия.

3.1. Анализ профессионального стандарта «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»

Основной вид профессионально деятельности по данной профессии – Наладка обрабатывающих центров с программным управлением и обработка деталей.

Основная цель вида профессиональной деятельности – Наладка и под-наладка обрабатывающих центров с программным управлением, обработка деталей.

Описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ, входящих в профессиональный стандарт, указаны в таблице 17.

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Таблица 17 – Описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ входящих в профессиональный стандарт

Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (подуровень) квалификации
1	2	3	4	5	6
А	Наладка и под-наладка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей.	2	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 qualitетам	A/01.2	2
			Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте	A/02.2	2
			Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	A/03.2	2
			Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	A/04.2	2
			Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы	A/05.2	2
			Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 qualitетам	A/06.2	2
			Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании	A/07.2	2

Окончание таблицы 17

1	2	3	4	5	6
В	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности	3	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7 - 8 квалитетам	В/01.3	3
			Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	В/02.3	3
			Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	В/03.3	3
			Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7 - 8 квалитетам	В/04.3	3
С	Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей и сборочных единиц с разработкой программ управления; обработка сложных деталей	4	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	С/01.4	4
			Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	С/02.4	4

Деталь, рассматриваемая в выпускной квалификационной работе, может быть отнесена к деталям средней степени сложности, поэтому далее проанализируем первую обобщенную трудовую функцию – «Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности».

Наименование: Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, тре-

бующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности;

Код: В; Уровень квалификации – 3.

Возможные наименования должностей:

- Наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд);
- Оператор обрабатывающих центров (5-й разряд);
- Оператор-наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд);
- Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации;
- Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации;
- Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации.

Требования к образованию и обучению – среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих);

Требования к опыту практической работы – Не менее одного года работ второго квалификационного уровня по профессии «оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»;

Особые условия допуска к работе: Прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований) в установленном законодательством Российской Федерации порядке; Прохождение работником инструктажа по охране труда на рабочем месте.

В выпускной квалификационной работе рассматривается деталь высокой степени сложности, требующая высокого уровня сформированности умений программирования обработки, поэтому остановимся на первой трудовой функции – «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)», которая должна быть сформирована на втором уровне (подуровне) квалификации. Анализ приведен в таблице 18.

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Таблица 18 – Анализ трудовой функции «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)»

Наименование	Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	Код	В/02.3	Уровень (под-уровень) квалификации	3
Трудовые действия	Корректировка чертежа изготавливаемой детали				
	Выбор технологических операций и переходов обработки				
	Выбор инструмента				
	Расчет режимов резания				
	Определение координат опорных точек контура детали				
	Составление управляющей программы				
Необходимые умения	Программировать станок в режиме MDI (ручной ввод данных)				
	Изменять параметры стойки ЧПУ станка				
	Корректировать управляющую программу в соответствии с результатом обработки деталей				
Необходимые знания	Органы управления и стойки ЧПУ станка				
	Режимы работы стойки ЧПУ				
	Системы графического программирования				
	Коды и макрокоманды стоек ЧПУ в соответствии с международными стандартами				

3.2. Анализ учебного плана и программы переподготовки по профессии оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ

Учебный план переподготовки токаря по профессии оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ в рамках учебного центра предприятия рассчитан на срок обучения = 100 часов (5 недель по 4 часа в день) и включает учебные занятия теоретического и практического обучения, а также квалификационный экзамен. Базовая профессия – токарь 4 разряда. Уровень квалификации оператора после переподготовки – 3 разряд. Учебный план приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Учебный план переподготовки токаря по профессии оператор-наладчик ОЦ с ЧПУ третьего разряда

№	Название темы	Кол-во часов
1	Техника безопасности при работе на станках с ЧПУ	4
5	Общие сведения о станках с программным управлением	6
6	Наладка ОЦ с программным управлением	24
7	Программирование процесса обработки деталей на станках с ЧПУ	8
8	Производственное обучение	52
9	Квалификационный экзамен	6
Итого		100

Переподготовка рабочих ведется в Автономной некоммерческой организации дополнительного профессионального образования Уфимский учебный центр «Башнефтехим» Арланский филиал.

Основной задачей работников АНО ДПО УУЦ «Башнефтехим» была и остается качественная работа по подготовке новых рабочих и повышение квалификации кадровых рабочих, руководителей, кадров опасных производственных объектов нефтегазодобывающих, нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий.

Группа обучающихся образована в основном из станочников ПАО «НеФАЗ», Уфимский филиал ООО «РН-Ремонт НПО», ООО «Нефтекамский машиностроительный завод». Группа состоит из 20 мужчин различного возраста. Цель обучения – получение квалификации (разряда) оператора-наладчика ОЦ с ЧПУ.

В рамках тематического плана переподготовки и повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» предусмотрен раздел «Наладка обрабатывающих центров с программным управлением». Рассмотрим программу этого раздела (таблица 20).

Таблица 20 – Тематический план раздела «Наладка обрабатывающих центров с программным управлением»

Название темы	Кол-во часов
Способы привязки инструмента	2
Ручная замена инструмента в магазине при подготовке новой программы	2
Установка инструмента в новую еще не занятую позицию магазина. Регистрация в таблице инструмента	2
Привязки инструмента, детали к нулю.	2
Способы передачи управляющей программы на станок	4
Порядок действий оператора при запуске и отладке новой программы	4
Отладка установленной программы на станке	4
Способы проверки отлаженной программы на станке до запуска станка в работу	4

Из программы выбрана тема теоретического занятия «Способы привязки инструмента». На эту тему отводится 2 часа. Тема полностью теоретическая и направлена на изучение способов привязки инструмента.

3.3. Разработка методики проведения занятия

Тема занятия «Способы привязки инструмента»

Цели занятия:

Дидактическая: Сформировать у учащихся знания о способах привязки инструмента;

Развивающая: Развивать профессиональный интерес и технический кругозор.

Воспитательная: Воспитание у обучаемых интерес к выбранной профессии, с целью положительной мотивации обучаемых к дальнейшему обучению

Методы проведения занятия: рассказ, демонстрация слайдов.

Оснащение занятия: ноутбук, мультимедиа проектор, экран.

План занятия приведен в таблице 21.

Таблица 21 – План занятия теоретического обучения по теме «Способы привязки инструмента»

Название части урока	Деятельность преподавателя	Деятельность обучающихся	Кол-во времени, мин
Организационная часть	Приветствует обучающихся. Проверяет присутствующих.	Приветствуют преподавателя	5
Изучение нового материала	Излагает новый учебный материал с использованием компьютерной презентации План изложения нового материала: принцип привязки, основные способы привязок.	Слушают, составляют конспект изучаемого материала. Изучают содержимое слайдов, запоминают новый материал.	65
Закрепление нового материала.	Выдает каждому обучающемуся тестовое задание.	Выполняют тестовое задание	15
Заключительный	Подводит итоги занятия. Отвечает на вопросы обучающихся, если таковы имеются.	Слушают. Задают вопросы преподавателю.	5

Изучение нового материала

При появлении станков с ЧПУ серьезно изменился метод контроля инструмента, заготовки и детали при подготовке и в ходе обработки. Сами же этапы изготовления продукции остались неизменными.

Что изменилось?

1. Для станков с ЧПУ привязка инструмента производится к системе координат станка, а не к детали (по первой стружке). Так же к системе координат станка привязывается и заготовка. Это дает возможность разбить две операции, сделав их независимыми.
2. Для станков с ЧПУ часть времени на вспомогательные операции (снятие размеров, привязка, контроль) при «ручном» их исполнении становится слишком большой в общем цикле производства продукции. Всё это происходит из-за высокого уровня автоматизации и большей производительностью непосредственного процесса обработки.

3. Вся процедура обработки происходит, что называется за «закрытыми дверьми». Для проверки инструмента на целостность станок придется остановить.

Все это дало толчок созданию автоматических систем привязки и контроля инструмента и детали, которые находятся во взаимодействии, как правило, с системой ЧПУ станка. Для обеспечения измерений используются датчики и щупы, которые являются основной частью такой системы. Также для обеспечения интеграции с системой ЧПУ немало важную роль играет комплект программного обеспечения, которая предлагает ряд всевозможных возможностей.

Привязка инструмента считается одной из наиболее ответственных действий, которые выполняются при наладке станка. От правильного уяснения теории и осторожного безошибочного выполнения привязки зависит безаварийная работа станка.

Для того чтоб привязать режущий инструмент следует определить фактическое положение вершины инструмента относительно нулевой точки детали и ввести эти показатели в память системы ЧПУ. Привязка осуществляется как по координате X так и по координате Z, последовательно.

Большая часть современных моделей станков ЧПУ оборудованы специальными датчиками, которые упрощают процесс привязки инструмента. Если же на станке ЧПУ отсутствует датчик привязки, то нужно выставляться, подрезав торец заготовки или подточив ее по диаметру.

При вычислении вылетов инструмента общая методика, определяющая электронную или механическую привязку инструмента, в качестве первого этапа включает в себя определение начала координат. При этом отправной точкой по оси X, как правило, считается самый центр держателя осевого инструмента, а лобовая поверхность revolverной головки (или поверхность резцедержателя типа «В» на токарном оборудовании, оснащенном резцедержателями VDI) служит началом отсчета по оси Z.

Данная методика определения вылетов инструмента составляется, исходя из следующих обстоятельств. На всех без исключения ОЦ с ЧПУ ось вращения детали совпадает с центром держателя осевого инструмента. При этом, например, для осевого режущего инструмента (сверл, разверток, зенкеров, метчиков и т.д.) корректор всегда принимает значение 0.

Помимо этого, при изготовлении в соответствии с международными стандартами ISO резцов для расточки в расчет принимается расстояние между верхней точкой режущей пластины и центром резцедержателя. Это значение, как правило, указано в каталоге инструментов. Таким образом, в таблицу корректоров вводится это удвоенное значение по оси X, а также значение вылета инструмента по оси Z.

Варианты привязок инструмента:

1. Касание. Подача переводится в ручной режим, для того чтоб подвести инструмент близко к детали. Подача переключается на минимум и медленно приближаем инструмент к детали. Увидев, что инструмент начал снимать стружку, или услышав шорканье – останавливаемся и обнуляем показания. Инструмент привязан. Этот способ быстрый, но не достаточно идеальный. Минус в том, что он подходит только для деталей, на которых эта грань будет стачиваться.

2. Концевые меры. Оставляется некоторое расстояние между инструментом и деталью. Такое, чтобы концевая мера не проходила между ними. Постепенно увеличивая расстояние, пробуются вставляться мера. Когда это получилось – обнуляем, добавив в коррекцию размер концевой меры.

3. Датчики типа Renishaw. Современные станки ЧПУ поставляются с данным датчиком в комплекте. Он может работать как автоматически, так и в ручном режиме. В автоматическом режиме инструмент подводится к датчику наладки, и затем программа выполняет всю работу самостоятельно. Самый быстрый и удобный способ.

Разберем поподробнее данный способ привязки.

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Компания Renishaw – является мировым лидером в области автоматизации измерений. Она производит приборы, которые позволяют максимальной точности при обработке деталей на станках и выполнять контролепригодные измерения.

Области применения: датчики данной фирмы используются для наладки и обнаружения поломки инструмента на станках с ЧПУ.

Как правило, датчики наладки инструмента не могут постоянно располагаться внутри станка, т.к. это мешает выполнять рабочие операции. Но компания Renishaw создало серии рук (кронштейны) для наладки инструмента. Выпускаются ручные и полностью автоматические системы наладки.

Далее рассмотрим самые распространенные системы для наладки инструмента на станках ЧПУ:

1. Неавтоматическая рука HPRA для наладки инструмента. Рука HPRA является “вставным” кронштейном, который при наладке вручную устанавливается на станок, после чего снимается. При выполнении наладки рука фиксируется в стыковочном соединении, которая обеспечивает высокую повторяемую точностью установки. При этом повторяемая точность позиционирования контактного щупа измерительного датчика находится в пределах 5 мкм.

2. Высокоточная отводимая рука HPRA выступает в роли измерительной системы с неавтоматическим откидным рычагом, на который устанавливается контактный измерительный датчик. Эта рука всегда закреплена на станке и использовать ее можно в любой момент.

3. Прецизионная моторизованная рука HPMA для наладки инструмента. Рука HPMA выступает в роли кронштейна с электроприводом для высокоточной автоматической наладки инструмента. Малое время запаздывания при включении привода руки позволяет выполнять наладку инструмента и определение его поломки прямо в процессе обработки и без вмешательства оператора. На поворот руки в рабочее положение и ее фиксацию в этом положении уходит 2 секунды. После завершения наладки инструмента управляющая про-

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

грамма подает команду на возврат руки с датчиком в безопасное положение вне пределов рабочей зоны станка. Поворотное приспособление новой конструкции (запатентовано) автоматически точно фиксирует руку в гнезде, обеспечивающем высокую повторяемую точность расположения датчика.

Далее представлены слайды с презентации.

Закрепление нового материала

После изучения новой темы, обучающиеся получают тесты, для лучшего закрепления новой темы.

Тест:

1. Что изменилось в контроле инструмента, заготовки и детали при подготовке и в процессе обработки с приходом станков ЧПУ? (указать несколько вариантов ответа)

- а) предварительная обработка детали;
- б) привязка инструмента производится к системе координат станка;
- в) промежуточный контроль размеров детали;
- г) процесс обработки происходит, что называется за «закрытыми дверями»;

2. Из чего состоит размерная привязка инструмента?

а) состоит в определении фактического положения вершины инструмента, используемого при обработке, относительно нулевой точки детали и ввода этих данных в управляющую программу;

б) состоит в определении фактического положения инструмента, относительно патрона;

в) состоит в определении фактического положения вершины инструмента, используемого при обработке, относительно нулевой точки детали и ввода этих данных в память системы ЧПУ.

3. Какой из указанных вариантов ответа является самым быстрым и точным методом привязки инструмента?

а) датчики типа Renishaw;

б) концевые меры;

в) касание.

4. Область применения датчиков Renishaw.

а) датчики Renishaw можно использовать для наладки и обнаружения поломки инструмента на станках с ЧПУ;

б) датчики Renishaw можно использовать только для наладки инструмента на станках с ЧПУ;

в) датчики Renishaw можно использовать для наладки и обнаружения поломки и ремонта инструмента на станках с ЧПУ.

5. Какую из этих серий рук Renishaw нужно снимать после наладки инструмента?

а) HPMA;

б) HPPA;

в) HPRA.

Ключ ответов:

1 – б, в; 2 – в; 3 – а; 4 – а; 5 – в.

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Способы привязки инструмента на обрабатывающем центре DOOSAN PUMA GT 2600LM

Привязка инструмента является одной из наиболее ответственных работ, выполняемых при наладке станка. От правильного понимания теории и аккуратного безошибочного выполнения процесса привязки зависит безаварийная работа станка.



Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.536.ПЗ

Лист
72



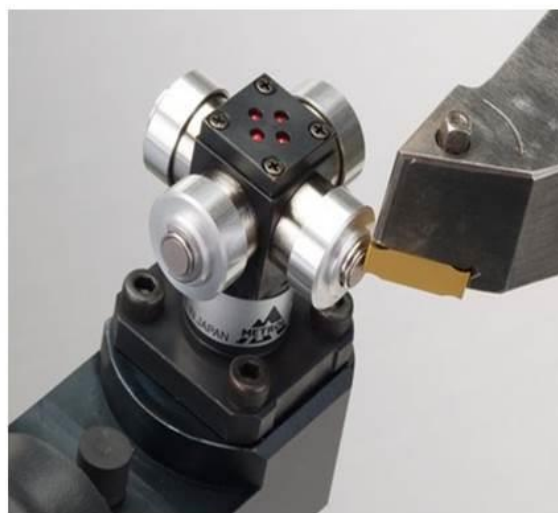
При появлении станков с ЧПУ серьезно изменился подход к вопросу контроля инструмента, заготовки и детали при подготовке и в процессе обработки. Сами этапы изготовления продукции остались неизменными.

ЧТО НОВОГО?

- Для станков с ЧПУ привязка инструмента производится к системе координат станка, а не к детали (по первой стружке);
- Для станков с ЧПУ доля времени на вспомогательные операции (измерение, привязка, контроль) при «ручном» их исполнении становится непомерно большой в общем цикле изготовления детали;
- Весь процесс обработки происходит, что называется за «закрытыми дверьми».

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Большинство современных моделей станков с ЧПУ оборудованы специальными датчиками, призванными упростить процесс привязки инструмента. В том же случае, когда станок не оснащен датчиком привязки, следует, при необходимости, подрезать торец заготовки или подточить ее по диаметру.



При вычислении вылетов инструмента общая методика, определяющая электронную или механическую привязку инструмента, в качестве первого этапа включает в себя определение начала координат. При этом отправной точкой по оси X, как правило, считается самый центр держателя осевого инструмента, а лобовая поверхность револьверной головки (или поверхность резцедержателя типа «В» на токарном оборудовании, оснащенном резцедержателями VDI) служит началом отсчета по оси Z.

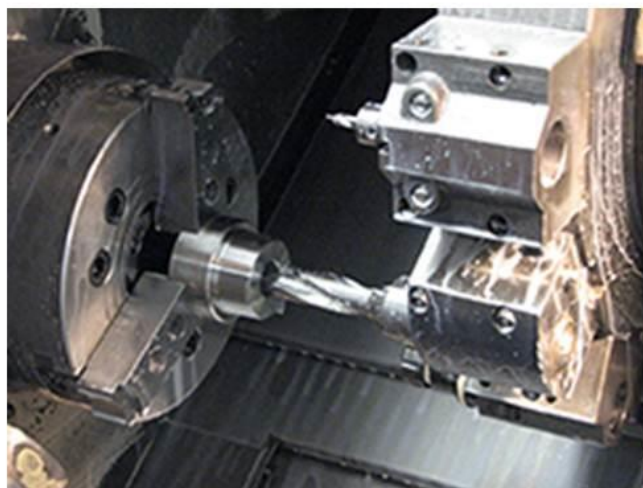


Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

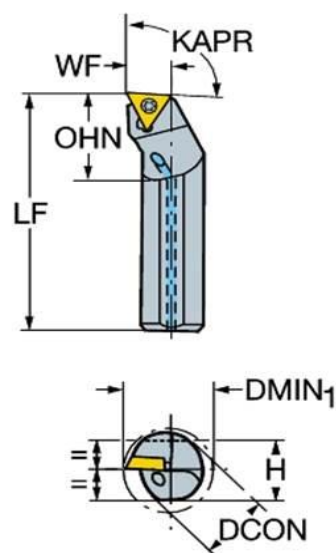
ДП 44.03.04.536.ПЗ

Лист
74

Вышеописанная методика определения вылетов инструмента составляется, исходя из следующих обстоятельств. На всех без исключения токарных станках ось вращения детали совпадает с центром держателя осевого инструмента. При этом, например, для осевого режущего инструмента (сверл, борштанг, зенкеров, метчиков и т.д.) корректор всегда принимает значение 0.



Помимо этого, при изготовлении в соответствии с международными стандартами ISO резцов для расточки в расчет принимается расстояние между верхней точкой режущей пластины и центром резцедержателя. Это значение, как правило, определено в каталоге инструментов. Таким образом, в таблицу корректоров вводится это удвоенное значение по оси X, а также значение вылета инструмента по оси Z.



Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ВАРИАНТЫ ПРИВЯЗОК ИНСТРУМЕНТА

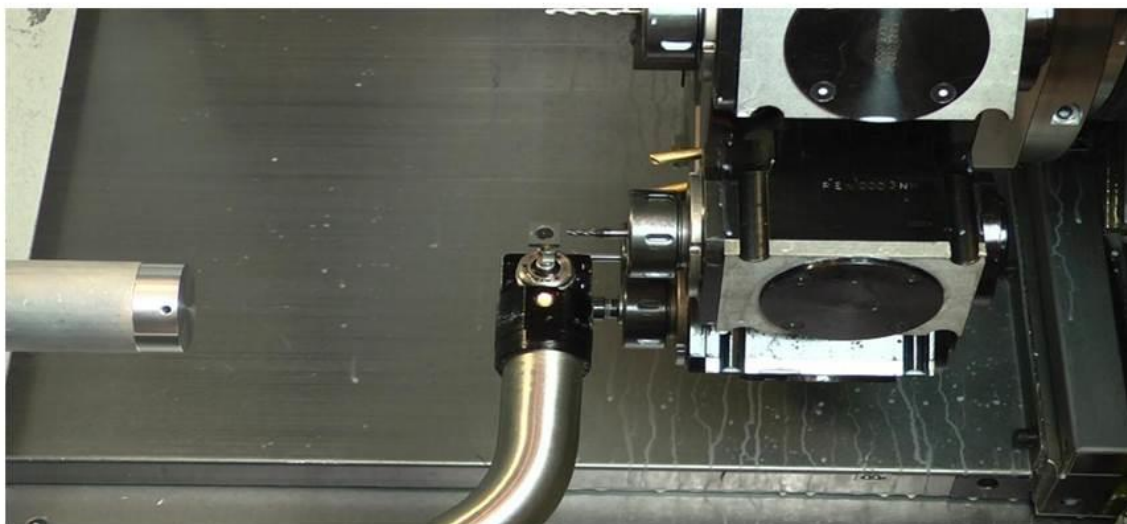
- Касание. Переводим подачу в ручной режим, для подведения инструментов близко к детали. Переключаем подачу на минимум и медленно приближаемся. Услышав шорканье или увидев, что инструмент начинает снимать стружку – останавливаемся и обнуляемся. Инструмент на станке привязан. Это из быстрых, но не идеальных способов. Подходит только для заготовок, в которых эту грань необходимо будет стачивать.



- Концевые меры. Оставляем некоторое расстояние между инструментом и деталью. Такое, чтобы концевая мера не проходила между ними. Постепенно увеличивая расстояние, пробуем вставить меру. Когда это получилось – обнуляем, добавив в коррекцию величину концевой меры.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

- Датчики типа Renishaw. Современные токарные и фрезерные станки поставляются с таким датчиком в комплекте. Он может работать как автоматически, так и в ручном режиме. В первом случае необходимо подвести инструмент поближе к датчику наладки и программные функции за вас все сделают. А затем можно будет выставить ноль заготовки специальным датчиком для установки детали. Самый быстрый и удобный способ.



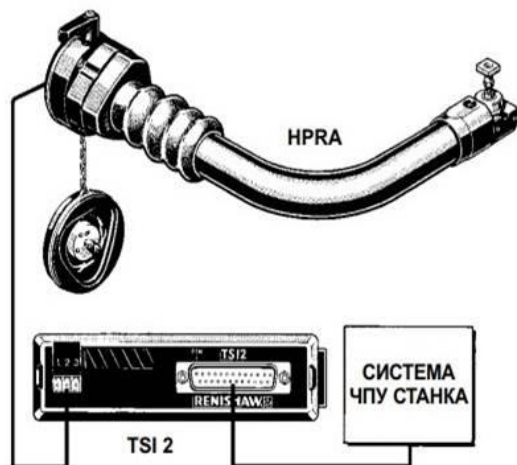
RENISHAW

Компания Renishaw – мировой лидер в области автоматизации измерений. Она выпускает оборудование, которое позволяет добиваться предельной точности при обработке изделий на станках и выполнять контролепригодные измерения в соответствии с международными стандартами.



Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

РАСПРОСТРАНЕННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ НАЛАДКИ ИНСТРУМЕНТА НА СТАНКАХ ЧПУ

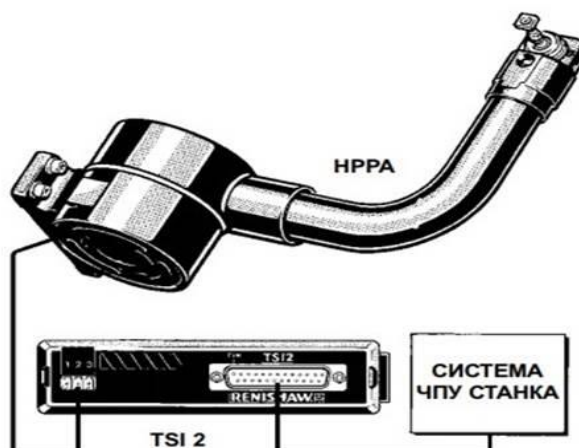


- Неавтоматическая рука HPRA для наладки инструмента.

Для выполнения измерений рука HPRA устанавливается на основание, которое постоянно находится на станке, а когда выполнять измерения не требуется, может храниться вне станка.

- HPRA высокоточная отводимая рука.

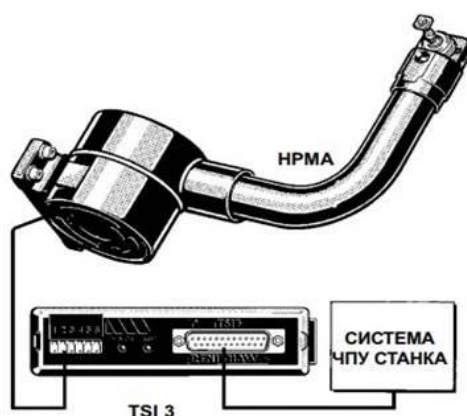
Откидная неавтоматическая системой HPRA, которая постоянно находится на станке



Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

○ Прецизионная моторизованная рука НРМА

Автоматическая система НРМА управляется программными средствами и постоянно находится на станке, осуществляя подвод датчика для наладки инструмента в заданную точку для выполнения измерений



В данном разделе был проанализирован профессиональный стандарт по профессии: «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ». Приведена учебная программа повышения квалификации токаря 4 разряда на оператора ОЦ с ЧПУ 3 разряда, разработан учебно-тематический план дисциплины «Способы привязки инструмента». Разработан урок теоретического обучения с последующим закреплением новых знаний в виде тестирования.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в выпускной квалификационной работе был разработан технологический процесс механической обработки детали «Фланец» в условиях серийного производства.

В спроектированном технологическом процессе применяется современный высокопроизводительный обрабатывающий центр с программным управлением, посредством которого обеспечивается экономически целесообразное производство детали «Фланец» по намеченной программе.

Это позволило достичь минимального времени механической обработки, с минимальной тяжестью труда привлеченных к обработке детали рабочих.

Была разработана управляющая программа на комплексную операцию с ЧПУ.

В экономической части выпускной квалификационной работы была определена себестоимость обработки детали. Она составила 223,85 руб.

В методической части работы была разработана методика проведения урока теоретического обучения для повышения квалификации операторов станков с ЧПУ.

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А, Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для машиностроительных спец. вузов – 5-е изд., переработка и дополнение–М.: ООО ИД «Альянс», 2007.-256 с.
2. ГОСТ 28187-89. Основные нормы взаимозаменяемости. Отклонения формы и расположения поверхностей. Общие требования к методам измерений. М.: ИПК Издательство стандартов, 1989. УДК 62-408.083:006.354. Группа Г12.
3. Григорьев В. М. Разработка технологии изготовления отливки: Учеб. пособие. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2014. – 67 с.
4. Гришин Р.Г. Нормирование станочных работ. Определение вспомогательного времени при механической обработке заготовок: учебное пособие / Р.Г. Гришин, Н.В. Лысенко, Н.В. Носов. – Самара.: СамГТУ, 2008. – 143 с.
5. Должиков В. П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 112с.
6. Должиков В. П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: Учебное пособие. – Томск: Изд-во. ТПУ, 2003. – 324с.
7. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст]: учеб. пособие 2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: Изд-во ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2012. 138 с.
8. Козлова Т. А. Методические указания к выполнению практической работы. «Анализ заводского технологического процесса механической обработки детали». Екатеринбург, ГОУВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008. 34 с.
9. Козлова Т. А. Нормирование механической обработки: Учеб. пособие / Т. А. Козлова, Т. В. Шестакова. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2013. 137с.

10. Маталин А.А. Технология машиностроения: учеб для вузов [Гриф УМО]. М.: Лань, 2012. – 512 с. (http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=258).

11. Мурашкин С.Л. Технология машиностроения: учеб. пособ. для вузов -М.: Высш. шк., 2003. – 295 с.: ил.

12. Методические указания к выполнению практической работы. «Оформление технологической документации» по дисциплине «Технология машиностроения». Екатеринбург, ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2009. 41с.

13. Марочник сталей и сплавов. [Электронный ресурс]. // Режим доступа: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1299 (Дата обращения 25.12.2018 г.)

14. Панов А. А., Аникин В. В. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. Машиностроение: 2004. – 526 с.

15. Профессиональный стандарт «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением». Регистрационный номер – 131. Код 40.026. Утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» августа 2014 г. №530н.

16. Руководство по программированию для токарной версии ЧПУ Fanuc Oi-TD/Oi Mate-TD на русском языке. Основы. Выпуск 08/2005. – 500 с.

17. Справочник технолога – машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова 6-е изд., перераб. и доп.-М.: машиностроение, 2005.- Т.1-656 с., ил.

18. Справочник технолога – машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова 6-е изд., перераб и доп.-М.: машиностроение, 2005.- Т.2-612 с., ил.

19. Техничко-экономические расчёты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах): Учеб. пособие / Авт. – сост. Е. И. Чучкалова, Т. А. Козлова, В. П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т» , 2013. 66 с.

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

20. Электронный каталог «Sandvik».
21. Каталог универсального инструмента «Sandvik», 2018 г.
22. Электронный каталог «Iscar», Точение канавок, 2014 г.
23. <http://www.grandars.ru/student/ekonomicheskaya-teoriya/tip-proizvodstva.html> (дата обращения 06.01.2019 г.);
24. <http://delta-grup.ru/bibliot/6/7.htm> (дата обращения 06.01.2019 г.);
25. <http://www.mtomd.info/archives/512> (дата обращения 06.01.2019 г.);
26. <http://www.specpostavka52.ru/catalog/gorizontalnye-obrabatyvayushchie-tsentry-i-tokarnye-seriya-puma-gt-series/> (дата обращения 08.01.2019 г.);
27. <https://vseochpu.ru/upravlyayushhaya-programma-dlya-stankov-s-chpu/> (дата обращения 08.01.2019 г.);
28. <https://www.fanuc.eu/ru/ru/o-kompanii/istoriya-fanuc> (дата обращения 09.01.2019 г.);
29. <http://zadelrf.ru> (дата обращения 20.01.2019 г.);
30. <https://kospas.ru/sistema-kontrolya-detali-instrumenta> (дата обращения 20.01.2019 г.);
31. <https://www.koda.ua> (дата обращения 20.01.2019 г.);

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Перечень графических материалов

Название	Обозначение документа	Формат
Чертеж заготовки	ДП 44.03.04.536.01	A2
Чертеж детали	ДП 44.03.04.536.02	A2
Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.536.Д01	A1
Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.536.Д02	A1
Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.536.Д03	A1
Управляющая программа на опер. 005 (фрагмент)	ДП 44.03.04.536.Д04	A1
Технико-экономические показатели	ДП 44.03.04.736.Д05	A1
Презентация выпускной квалификационной работы		Презентация

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Комплект технологической документации

В данном приложении содержится комплект технологической документации обработки детали «Фланец»

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						85
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Дубл.				ГОСТ 3.1105-2011		форма 2	
Взам.							
Подп.							
						1	
ФГАОУ ВО РГПЛУ				ЗТО-406С		44.03.04.536	

Согласовано

« ____ » ____ 201 ____ г.

Утверждаю

« ____ » ____ 201 ____ г.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ на технологический процесс механической обработки детали "Фланец"

Разработал: В.Р. Нуреев

Проверил: Т.А. Козлова

ТЛ

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

[illegible]

ГОСТ 3.1404 - 86 Форма 3.

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
Разраб.	Нуреев В.Р.																		
Пров.	Козлова Т.А.																		
Н.Контр.																			
Р.																			005
P01																			
02																			
O03	11. Сверлить отв. 17 в размер ø8 мм.																		
T04	Сверло R846-0800-50-A1A 1220																		
P05																			
06																			
O07	12. Сверлить отв. 19 в размер ø4,6 мм.																		
T08	Сверло R840-0460-50-A0A 1220																		
P09																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
OK	Операционная карта																		10

Фланец

ФГАОУ ВО РГПУ

44.03.04.536

005

30

2400

0,12

0,08

1

2

4

4

4

4

4

4

4

4

4

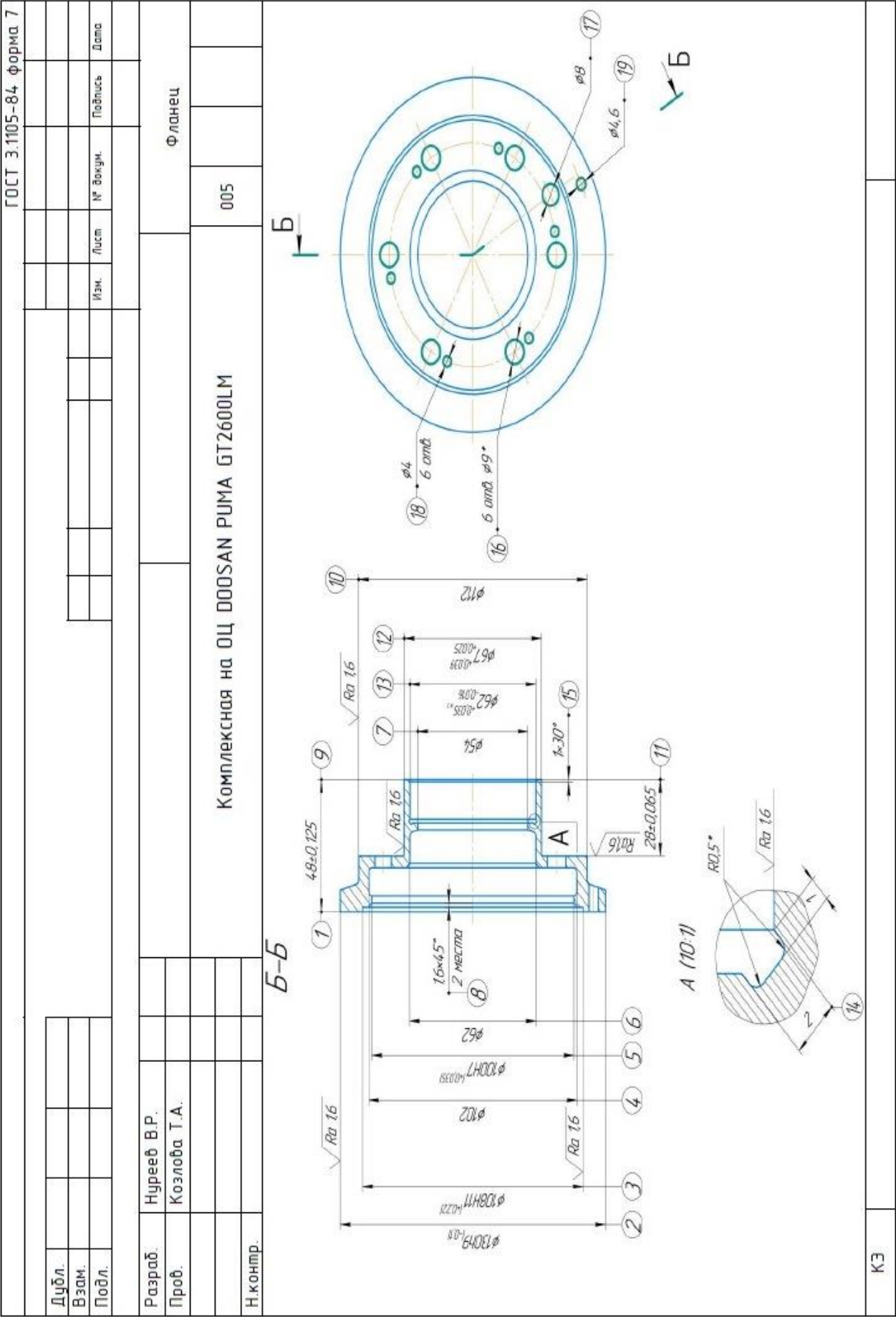
4

4

4

4

4



ПРИЛОЖЕНИЕ В

Управляющая программа

%

O0001 (FLANEC)

G0 G54 X250. Z250. T0100

G18

G96 S120 M03

G0 X94 Z5. T0101 M8

G1 Z0 F0.25

X130.065

Z-22

G0 Z250 X250 T0100 M9

M05

M01

G0 G54 X250. Z250. T0200

G18

G96 S120 M03

G0 X130.025 Z2. T0202 M8

G1 Z-22 F0.2

G0 X131

Z2

X130

G1 Z-22 F0.1

G0 Z250 X250 T0200 M9

M05

M01

G0 G54 X250. Z250. T0300

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

G18
G96 S320 M03
G0 X47 Z2 T0303 M8
Z-14
G1 Z-40 F0.25
G0 X45
Z-14
X54
G1 Z-50.2 F0.25
G0 X45
Z-14
X58
G1 Z-29.4 F0.25
X52 Z-30.3
G0 X-14
X64
G1 Z-27.7 F0.25
G03 X59.6 R1.6 Z-29.25 F0.25
G1 X52 Z-30.3 F0.25
G0 Z-18.6
X60
G1 X65.2 Z-16 F0.25
X100
G02 X102 R1 Z-15 F0.25
G1 Z-6.5 F0.25
G02 X100 R1 Z-5.5 F0.25
G1 X99.75 F0.25
Z-1.85

X107.4
 Z1
 G0 X108
 G1 Z-1.85 F0.1
 X103.2
 X100 Z-3.45 F0.25
 Z-7 F0.1
 G0 X98
 G0 Z2 M9
 Z250 X250 T0300
 M05
 M00
 G0 G54 X250. Z250. T0100
 G18
 G96 S200 M03
 G0 X48 Z2. T0101 M8
 Z0
 G1 X67.097 F0.3
 Z-27.95
 X68
 G0 Z2
 X67.057
 G1 Z-27.95 F0.2
 X124 F0.3
 Z-39
 X131 Z-40.1
 G0 Z-27
 X118

X124 F0.3
 Z-39
 X131 Z-40.1
 G0 Z-27
 X118
 G1 Z-38.3 F0.3
 X131 Z-40.1
 G0 Z-27
 X112.04
 G1 Z-37.2 F0.3
 X131 Z-40.1
 G0 Z250 X250 T0100 M9
 M05
 M01
 G0 G54 X250. Z250. T0200
 G18
 G96 S240 M03
 G0 X67.032 Z2. T0202 M8
 G1 Z-28 F0.1
 X112 F0.2
 Z-37.5
 X131 Z-40.1
 G0 Z250 X250 T0200 M9
 M05
 M01
 G0 G54 X250. Z250. T0300
 G18
 G96 S250 M03
 G0 X58 Z2. T0303 M8

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

G1 Z-16 F0.25
 X55
 G0 Z2
 X61.8
 G1 Z-16 F0.25
 X55
 G0 Z2
 X65.46
 G1 X62 Z-1 F0.3
 Z-16 F0.1
 X55
 G0 Z2 M9
 Z250 X250 T0300
 M05
 M01
 G0 G54 X250. Z250. T0500
 G18
 G96 S370 M03
 G0 X48,28 Z2. T0505 M8
 Z-9.14
 G1 X62,5 Z-16,5 F0.3
 G0 X47.2 Z-9.14
 Z5 M9
 Z250 X250 T0500
 M05
 M01
 G54 X250 Z250 T0600
 M35
 G28 H0

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						101
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

C0
 G0 X82 Z-25 T0606 M8
 G97 S2100 M03
 C0
 G01 Z-33 F0.2
 G0 Z-25
 C60
 G01 Z-33 F0.2
 G0 Z-25
 C120
 G01 Z-33 F0.2
 G0 Z-25
 C180
 G01 Z-33 F0.2
 G0 Z-25
 C240
 G01 Z-33 F0.2
 G0 Z-25
 C300
 G01 Z-33 F0.2
 G0 Z-25
 Z5 M9
 Z250 X250 T0600
 M91
 M01
 G54 X250 Z250 T0700
 M35
 G28 H0
 C0

G0 X82 Z-25 T0707 M8
G97 S2400 M03
C12
G01 Z-33 F0.12
G0 Z-25
C72
G01 Z-33 F0.12
G0 Z-25
C132
G01 Z-33 F0.12
G0 Z-25
C192
G01 Z-33 F0.12
G0 Z-25
C252
G01 Z-33 F0.12
G0 Z-25
C318
G01 Z-33 F0.12
G0 Z-25
Z5 M9
Z250 X250 T0700
M91
M01
G54 X250 Z250 T0800
M35
G28 H0
C0
G0 X88 Z-25 T0808 M8

G97 S1900 M03
C210
G01 Z-33 F0.125
G0 Z-25
Z5 M9
Z250 X250 T0800
M91
M01
G54 X250 Z250 T0900
M35
G28 H0
C0
G0 X118.3 Z-28 T0909 M8
G97 S2000 M03
C206
G01 Z-48 F0.08
G0 Z-28
Z5 M9
Z250 X250 T0900
M91
M30
%

					ДП 44.03.04.536.ПЗ	Лист
						104
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		